

津波によるエプロン上のコンテナの漂流特性に関する実験的研究

名古屋大学大学院 正会員 ○水谷 法美

ピーシー橋梁 正会員 高木 祐介

名古屋大学大学院 学生会員 白石 和睦

国土交通省名古屋港湾空港技術調査事務所 正会員 宮島 正悟

港湾空港技術研究所 正会員 富田 孝史

1. 緒言

津波の被害には浸水による人的被害や家屋の破損などの物的被害だけでなく、漂流物が建物に衝突したり、海域を浮遊・沈没することにより港の機能低下を招く二次的被害がある。2004年12月のインド洋大津波では、津波による漂流物が被害を大きくしていたことが指摘されている。近年ではコンテナの急増にともなって、小型船舶や木材がだけでなく、コンテナが津波によって漂流し、それが大きな被害を及ぼすことが指摘されており、その実態を早急に明らかにすることが必要になってきている。そこで本研究では、津波によってエプロン上のコンテナの漂流特性を解明するために、水理模型実験を行ない、コンテナの移動限界や移動速度の計測を行い、遡上波との関連づけながらその特性を検討した。

2. 水理実験

水理実験を長さ 28.0m、全幅 11.0m（有効幅 8.0m）、高さ 0.8m の平面波浪水槽を使用して行った。模型縮尺を 1/75 とし、一様水深部の水深を $h = 0.22\text{m}$ とした。エプロン模型の形状は矩形とし、その長さを 1.0m、幅を 4.0m、高さを 0.25m とした。したがってエプロンの天端高は $R = 0.03\text{m}$ である。コンテナ模型は国際規格に基づき、20 フィートと 40 フィートの 2 種類を採用した。そして、それぞれ 6 種類重量を変化させた。これらのコンテナ模型、およびフロート（厚さ 2mm、直径 10mm の円盤状の発砲スチロール）の漂流軌跡を鉛直上方からデジタルビデオカメラにより撮影し、その時間変化からコンテナの漂流速度と遡上波のラグランジュ流速を求めた。入射波は、規則波（極浅海波）と孤立波とし、周期と波高を変化させ、規則波について 4 種類、孤立波について 5 種類、合計 9 種類の波を発生させた。

また、コンテナの移動限界を検討するため、孤立波の波高を少しずつ変化させながらコンテナの挙動を撮影した。また、コンテナに作用する津波力 F_x を鋼製枠を介して固定した 3 分力計により計測した。なお、移動限界は、上記 6 種類の重量のコンテナ全てを対象に計測した。摩擦に大きく移動すると考えられる大きさのコンテナを製作した。

エプロン上の遡上水位は、エプロンに写真-1 のようなピットを設け、そこに水を満たして水位計をセットして計測した。また、エプロンとコンテナの静止摩擦係数はエプロン作製時の素材による可変勾配斜面によって計測した。



写真-1 水位計の設置状況

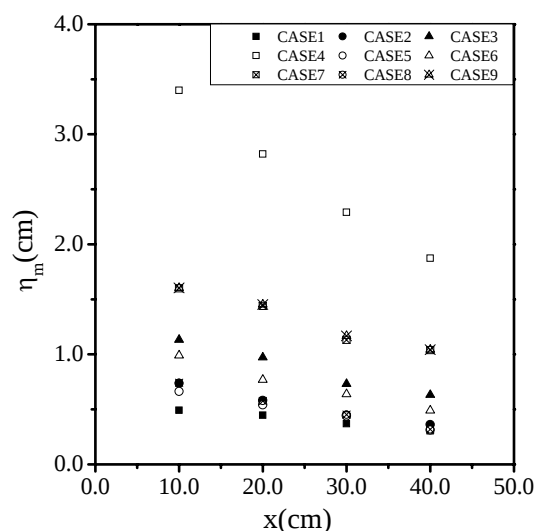


図-1 x方向の最大遡上水位の変化

キーワード: 津波, コンテナ, 移動限界, 漂流特性

連絡先: 〒464-8603 名古屋大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 (TEL 052-789-4630 FAX 052-789-1665)

3. 結果と考察

図-1 に遡上波の波峰高の空間変化の変化を示す. いずれの波浪条件においても, エプロン上波進行方向の距離 x が大きくなるにつれて最大遡上水位がほぼ直線的に小さくなることが確認できる. 実験中の目視によると, 打ちあがった波は不安定であり, 砕波して進行しているようであった. したがって遡上波は波峰が切り立った波から徐々に峰波を減衰しながら進行するといえる. 図-2 は, 最大遡上水位 η_m (cm) と遡上流速 C_x (m/s) の関係を示したものである. 図中に示した点線は, Ramsden(1996)による陸地を伝播する波の関係式である $C_x = 2\sqrt{g\eta_m}$ を示したものである. 本実験結果はばらつきはあるが最大遡上水位が大きくなるにつれて遡上流速が大きくなり, 点線で示した $C_x = 2\sqrt{g\eta_m}$ でほぼ近似できる.

図-3 は, コンテナの重量 W (N) と移動限界時の作用津波力 F_{xm} (N) の関係を示したもので, 図中の点線は, 最大静止摩擦力 $F_{xm} = \mu_s W$ (静止摩擦係数 $\mu_s = 0.776$) を示したものである. 若干のばらつきはあるものの津波力が最大静止摩擦力を上回るとコンテナは移動し始めるといえる.

図-4 は, 遡上流速とコンテナの移動速度の関係を示したもので, 比較のため $V_x = C_x$ も点線で示した. 遡上流速が大きくなると, コンテナの移動速度も大きくなる. コンテナ重量が小さい場合には, ほぼ遡上流速と同程度の速度を示す. コンテナの重量が大きくなると, コンテナの漂流速度は遡上流速よりも小さくなる傾向があるが, これは本実験の波の周期が短く, コンテナが十分加速されるまでに波が通過してしまうことによる. 実際の津波のように流体力が長い時間作用すると, 重いコンテナであっても加速され, 最終的には遡上流速に近い速度で漂流すると考えられる.

4. 結言

津波のような長波性の波が入射したときのエプロン上に設置されたコンテナの移動限界と移動し始めたコンテナの挙動について検討し, その特性を明らかにした. 今後, 遡上波と作用津波力の関係が明らかになれば入射波とコンテナの挙動の関係を明確にできると考える. この点については, 稿を改めて検討したい.

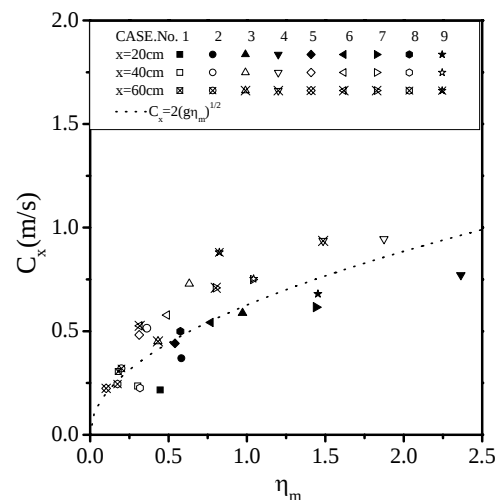


図-2 最大遡上水位と遡上流速の関係

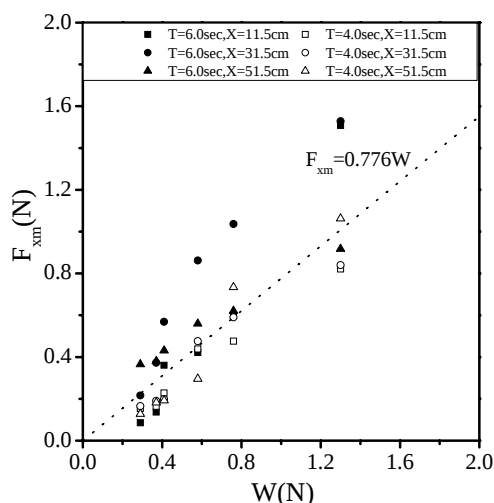
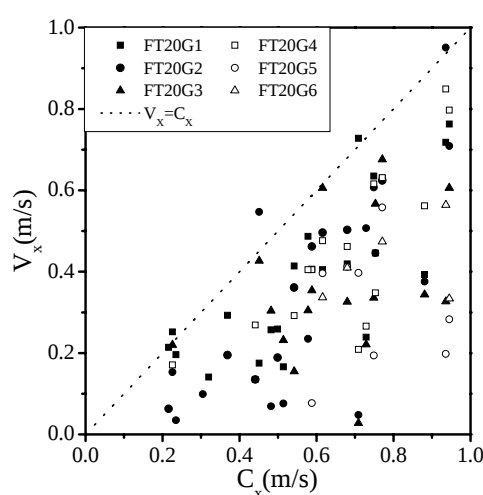
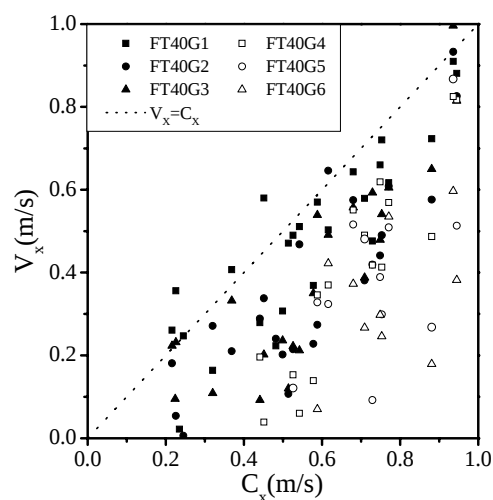


図-3 F_{xm} とコンテナの移動限界 (40ft コンテナ)



(a) 20ft コンテナ



(b) 40ft コンテナ

図-4 遡上流速とコンテナの移動速度の関係

<参考文献> Ramsden, J.D.(1996) : Forces on a vertical wall due to long waves, bores, and dry-bed surges, J. Waterway, Port, Coastal, and Ocean Eng., ASCE, Vol.122, pp.134-141.