



Title	港湾における津波によるコンテナの流動とそれに伴う被害の評価手法に関する研究
Author(s)	熊谷, 兼太郎
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/23472
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	くま がい けん たろう 熊 谷 兼 太 郎
博士の専攻分野の名称	博 士（工 学）
学 位 記 番 号	第 2 4 0 9 1 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 22 年 3 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第2項該当
学 位 論 文 名	港湾における津波によるコンテナの流動とそれに伴う被害の評価手法に 関する研究
論 文 審 査 委 員	（主査） 教 授 出口 一郎 （副査） 教 授 西田 修三 教 授 加藤 直三 教 授 水谷 法美（名古屋大学大学院工学研究科） 准教授 荒木 進歩

論 文 内 容 の 要 旨

わが国において、地震に伴う津波は被害の大きいもので過去80年間に13回発生しており、今後も大規模な地震の発生が予想されていることから、対策が必要である。港湾は、物流及び人流の結節点であり災害時には基幹的な防災空間となるが、港湾施設等を津波被害から保全するための対策はこれまでほとんどなされていない。港湾の津波被害は、施設の浸水被害、蔵置貨物の流出・漂流被害、港湾機能停止の間接的被害、人的被害等に分類できるが、ふ頭に蔵置されたコンテナの漂流被害の評価手法について検討された例は少ない。そこで、港湾における津波によるコンテナの流動とそれに伴う被害の評価手法について研究した。

まず、海上に浮遊させた実物コンテナの挙動を観察した。その結果、コンテナ内部の空間への海水の浸入により一定の速度で沈没していくことを明らかにした。さらに、高潮で漂流した事例の現地調査を行い、漂流挙動と衝突挙動を解析するに当たって必要となる基礎資料を得た。

ついで、コンテナの流動を予測するため、澤田・中瀬・藤井による拡張個別要素法DEMSプログラムを基礎プログラムとしてプログラムの修正・追加を行い、コンテナの漂流・衝突シミュレーションモデルを構築した。プログラムの主要な修正・追加点は、1)矩形の連続体であるコンテナを球形要素の集合体で置き換えて表現した場合に流体からの作用力との整合を図るために球形要素の重量の低減を行った、2)剛性の大きい物体に個別要素法を適用する場合に実用的な計算時間で計算を行うために球形要素の加速度に上限（重力加速度を上限とする）を設定することを提案した、3)海上風の影響を考慮するために風抗力を導入した、4)コンテナが沈没する挙動を表現するために海上浮遊時にコンテナ重量が時間的に増加するモデルとした、5)コンテナ内部の空洞は球形要素間を接続するパネ及び粘性ダッシュポッド要素の配置で表現した、という点である。

新たに構築したシミュレーションモデルを用いて既往の実験結果の再現計算を行った。計算において慣性力係数と流れ抗力係数を変化させたところ、実験結果はいずれも慣性力係数を1.5とし、流れ抗力係数を初期位置により0.5～1.5の間で変化させた場合に高い再現性が得られた。また、風作用化の海上を模擬してコンテナ模型を漂流させる風洞実験を行い、その実験結果の再現計算を行った。計算において風抗力係数を変化させたところ、実験結果は風抗力係数を0.05～0.1で変化させた範囲内となった。

この二つの再現計算により得られた流れ抗力係数、慣性力係数、風抗力係数を用いて、清水港における津波によるコンテナの流動のシミュレーションを行ない、津波による漂流被害が少なくなる蔵置位置、方法について検討し

た。また、コンテナの蔵置場所に隣接した上屋へコンテナが衝突する場合の衝突力の照査を行うことにより、コンテナの流動に伴う構造物への被害の評価の結果を整理した。

最後に、結果を総括し、今後の課題を結論に取りまとめて結論とした。

論文審査の結果の要旨

近い将来、かなり高い確率で発生が予想されている東海、東南海、南海地震に伴う津波によって港湾内で引き起こされると想定される陸置コンテナの流出・流動とそれに伴う衝突などの2次災害を予測し、軽減するための研究である。まず、コンテナの漂流挙動と衝突挙動を解析するに当たって必要となる基礎資料を得るための実物コンテナの漂流試験を行い、その沈降特性を明らかにしている。

つぎにコンテナ流動モデルを構築するために、拡張個別要素法に基づく新たな流動・衝突シミュレーションモデル（修正拡張個別要素法）を開発している。修正拡張個別要素法の主要な修正・追加点は、1) 矩形の連続体であるコンテナを球形要素の集合体で置き換えて表現した場合に流体からの作用力との整合を図るための球形要素の重量の低減、2) 剛性の大きい物体に個別要素法を適用する場合に実用的な計算時間で計算を行うための球形要素加速度の上限（重力加速度を上限とする）の設定、3) 海上風の影響を考慮するための風抗力の導入、4) コンテナが沈没する挙動を表現するために海上浮遊時のコンテナ重量が時間的に増加するモデルの導入、5) コンテナ内部の空洞を球形要素間を接続するパネ及び粘性ダッシュボッド要素の配置で表現、という点である。これらの修正は、すべて新しい取り組みであるが、特に3)、4)および5)に独創性が認められる。

津波の発生から対象とする港湾までの伝播、港内での変形、コンテナヤードへの遡上という一連の現象については、すでに開発されている非線形分散波による非定常計算で行われる。提案された修正された拡張個別要素法における作用流体力の推定には、いわゆるモリソン式を用いている。このコンテナ流出・流動予測モデルは、水理模型実験によって妥当性の検討が行われており、風抗力の評価と同様コンテナに作用する抗力係数は、パラメータ解析により実験結果の再現性が高い値がとして決定されている。このように決定された特に抗力係数の普遍性については、さらに検討が必要と思われる。

最後にケーススタディーとして、これらの流れ抗力係数、慣性力係数、風抗力係数を用いて、清水港における津波によるコンテナの流動のシミュレーションを行ない、津波による漂流被害が少なくなる蔵置位置、方法について検討されている。また、コンテナの蔵置場所に隣接した上屋へコンテナが衝突する場合の衝突力の照査を行うことにより、コンテナの流動に伴う構造物への被害の評価の結果を整理している。

以上のように、本論文は近い将来発生が予想されている大規模津波によって港湾内で引き起こされると想定される、陸置コンテナの流出とそれに伴う2次被害を評価する方法を提案したものであり、社会基盤としての港湾整備計画、港湾を中心とする物流システム計画を考える上で貢献度が非常に大きい。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。