

津波による船舶牽引力の簡易推定手法と既設係船柱の限界耐力に関する検討

(研究期間：令和2年度～)

港湾研究部 港湾施設研究室 室長 竹信 正寛



(キーワード) 係船避泊、船舶牽引力、係船柱、引抜耐力

1.

国土を強靱化し、国民のいのちと暮らしをまもる研究

1. はじめに

大規模地震・津波発生時に船舶の沖合退避が万一間に合わない場合を想定し、船舶の係船避泊(図-1)に関する安全性の検討を進めている。当該検討に際しては、津波による船舶牽引力の評価、既存の係船柱や係留施設の安定性の確認が必要となる。上記課題への対応の端緒として、津波時の船舶牽引力の簡易推定手法、および既設係船柱の限界耐力に関する基礎的な検討としてその破壊形態に関する評価を行った。本稿ではそれらの結果を紹介する。

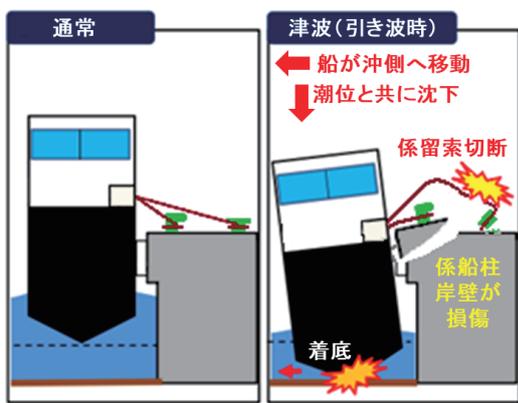


図-1 津波来襲時の係船避泊の課題イメージ

(海・船の視点から見た港湾強靱化検討委員会 第2回資料より)

2. 津波時の船舶牽引力の簡易算定手法

係留船舶に対する船舶牽引力の評価には、動的解析である船舶動揺シミュレーションを利用することが望ましい。しかし、動的解析に関する専門的知識が要求され、船舶諸元や係船索の配置状況など詳細な解析条件を設定しなければならないため、容易に実施することは難しい。この課題に対して、船体に作用する津波による荷重と係船索による牽引力との

静的釣合いに基づく簡易法を提案し、その適用性を確認することとした(図-2)。

この際津波の流れとして考え、流れが船側方向から作用する条件に加え、船首尾方向から作用する場合も対象とし、既往の水理模型実験および既往の動的解析から得られた牽引力と簡易法による牽引力とを比較し、簡易法の適用性を確認した(図-3)。

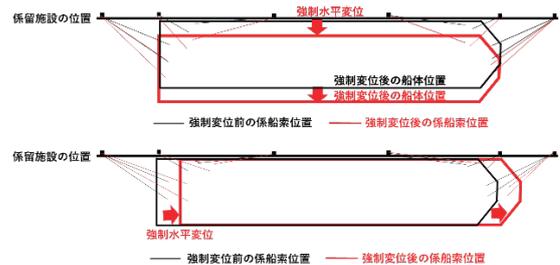


図-2 簡易法による船舶牽引力算定方法のイメージ

(上：船側からの流れ、下：船首尾方向からの流れ)

比較検討の結果、船首尾方向の津波に対しては、簡易法では動的解析や水理模型実験による牽引力は再現できなかったものの、船側方向の津波については、簡易法で得られた牽引力に一定程度の倍率を乗じることで、動的解析や水理模型実験の最大牽引力を推定できることが確認された。

また、津波時の船舶牽引力に対する簡易法の適用にあたっては、安全側の評価として簡易法による牽引力に1.7倍程度を乗じれば、動的解析による最大牽引力を概ねカバーできることが判明した。このため、提案した簡易法は、動的解析の代替手法として、概略検討の段階で利用することができると考えられる。

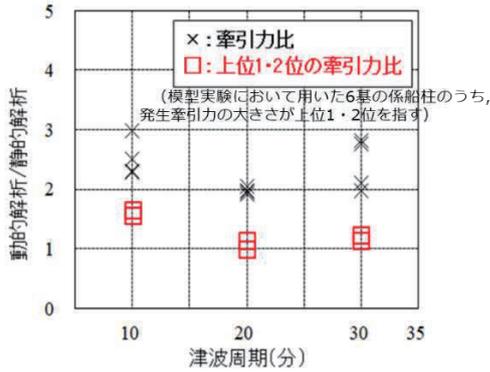


図-3 簡易法（静的解析）に対する模型実験（動的解析）の牽引力の比

3. 係船柱用アンカーの破壊形態に関する検討

津波来襲時の係船避泊による係船柱(図-4)の安定性の確認を行うためには、係船柱の終局状態に関する検討が不可欠である。現在係留施設に設置される係船柱は、港湾工事共通示方書に定められた規格が用いられることが一般的である。特に係船柱のアンカー部分は、係船柱の安定性に大きな影響を与える構成要素の一つであり、この破壊形態の把握は係船柱の終局状態の検討に際して重要である。



図-4 係船柱（曲柱）に関する全体構造（例）

現在、係船柱用アンカーの設計の考え方は、コンクリートの引抜破壊面がアンカー版上方に円筒状に形成されることを仮定した引抜耐力式を基とされているものの、国内の他指針類では、いわゆる「コーン状破壊」が想定されており、アンカーの引抜耐力としてはコーン状破壊を想定した破壊形態の方が大きく算定される。

このため、当該アンカーの引抜破壊形態を確認するため、3次元FEM解析による検討を行った(図-5)。

解析は50kN型規格を有する係船柱を、係留施設の上部工に対して設置（先付けアンカー方式）したケースを想定して実施した。解析における各種パラメータは、建築分野で実施された既往のアンカー引抜実験に関する文献を参考として設定した。

この結果、係船柱用アンカーに関する引抜破壊形態は、他指針で仮定されているコーン状破壊であることが確認され、港湾分野で示されている係船柱の規格や設計法見直しの必要性も示唆される。また、その耐力値はアンカーが鉛直配置されている場合、各種合成構造設計指針・同解説の耐力式による値と概ね一致した。アンカーを実際の施工のように斜め方向に配置した場合は、鉛直配置に比べて耐力値が1.5-1.8倍程度となった。ただし、これらの解析結果の検証や破壊メカニズムの考察のため、模型実験等を用いた検証も今後必要であると考えている。

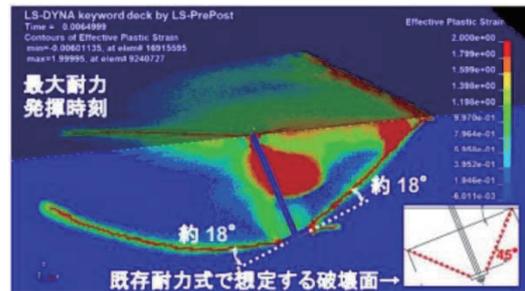


図-5 アンカー引抜解析結果の一例（斜め配置）

4. おわりに

今年度までに得られた上記知見を踏まえ、津波来襲時における船舶の係船避泊に対する係船柱や係留施設の安定性評価に関する設計体系を検討し、港湾の施設の技術上の基準・同解説への反映に関しても、議論を進める予定である。

☞ 詳細情報はこちら

1) 国総研資料 No. 1169
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn1169.htm>

1) 国総研資料 No. 1171
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn1171.htm>