資料－4

大型係船曲柱の小型化の検討状況
その３

国土技術政策総合研究所　港湾研究部

■大型係船曲柱に係る課題と検討計画

- 係船柱本体及び固定用アンカーボルトの形状寸法は、港湾工事共通仕様書にて規定（曲柱は牽引力50～1000kN、直柱は150～2000kN）
- 近年の船舶（特にクルーズ船）の大型化に伴い、共通仕様書の規定外の大型係船曲柱（牽引力1500kN、2000kN）が必要となり、各地の岸壁に設置されている。
- 大型係船曲柱は、作業員の腰高以上の高さであり、頭部形状も大きく、繋離船作業が困難であるとの指摘がある。

■大型係船曲柱の上部形状の小型化の検討（平成30年度～令和元年度）

国総研資料　No.1085（2019.12発刊）

繋離船作業の作業効率向上に配慮した大型係船曲柱の上部形状の小型化に関する基礎的検討

↓

■大型係船曲柱の基礎構造の小型化の検討（令和2年度～）

○ 既存のアンカー設計法（50年前の方法）の見直し、及びアンカーの小型化の検討。

☛提案する設計法（以降「新設計法」）の係船曲柱アンカーへの適用性について確認。

■ 津波時の船舶牽引力作用時への対応（令和3年度～）

（「海・船の視点から見た港湾強靭化検討委員会」における議論内容を踏まえて実施。）

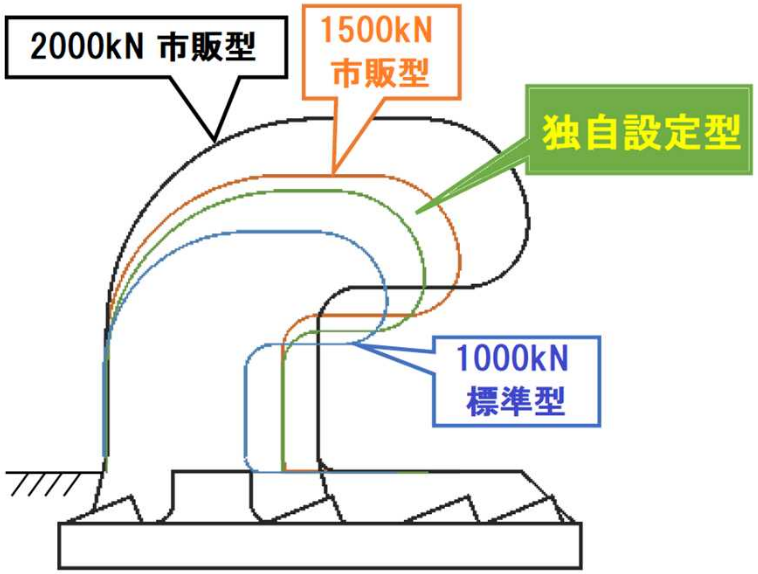
○ 新設計法の係船柱アンカーへの適用性（限界引抜耐力の評価）について確認。

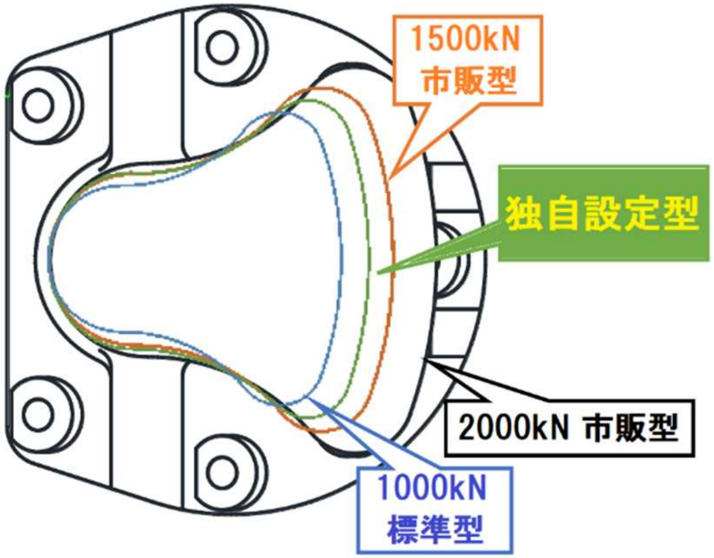
○ 津波時の船舶牽引力を考慮した係留施設・係船柱の照査体系の構築検討

大型係船曲柱(1500kN, 2000kN)の上部形状の小型化の検討

■大型係船曲柱(1500kN, 2000kN)の上部形状の小型化化の結果(独自設定型)

☛ 1500kN市販型と1000kN標準型の間の形状寸法





■独自設定型の設定根拠

○設計思想： 係留索を縦に4本、横に3本重ねずに並べられることができるように設定

○既往事例： 各部位の寸法は、既往実績の最小値以上であることを確認

○ヒアリング： 「強度がもてば、既存の1000～1500kN型程度が扱い易い」との意見多数

大型係船曲柱の基礎構造に関する小型化検討（1／3）

■　現行設計法に基づくアンカーボルトの課題

○アンカー長が非常に長い。このため、鋼管杭との干渉や、上部工の厚み不足となることがあり、係船柱 を大型化する際に、下の写真のように上部工をかさ上げする例がある。

⇒　繋離船作業の安全性・作業効率の低下につながる

○アンカー板やアンカーボルトは非常に重たい。
（ 2000kN型：アンカー板76kg/個，アンカーボルト90kg/本　⇒　合計166kg））

⇒　設置作業の安全性・作業効率の低下につながる

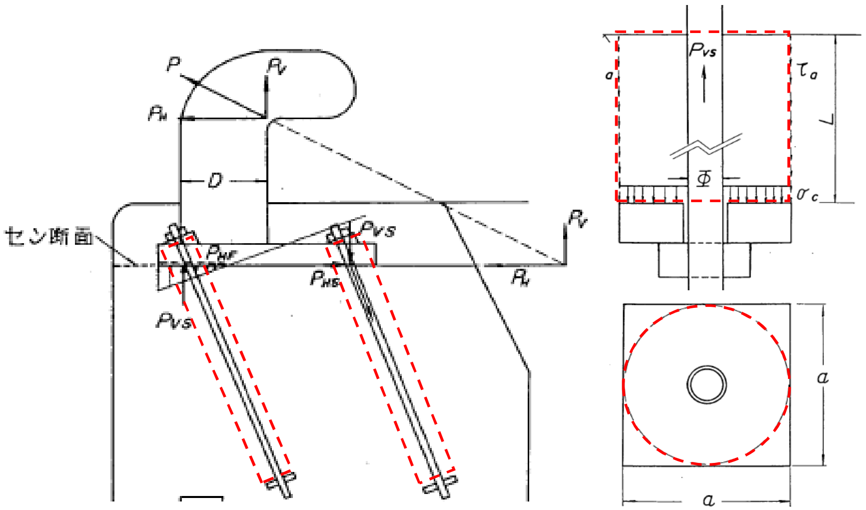
係船柱大型化に伴う上部工嵩上げ事例

2000kN型（市販型）下部の設置状況

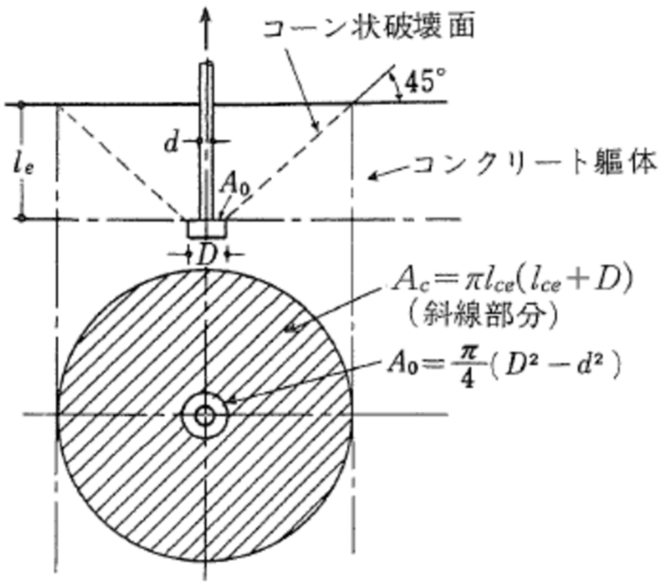
大型係船曲柱の基礎構造に関する小型化検討（2／3）

■　アンカーの設計法の見直し方向性

○ 円筒形からコーン状（円錐状）の破壊形態に基づく耐力評価式へ見直し



港研資料No.102（1970)に基づく
せん断抵抗面の考え方



「各種合成構造設計指針・同解説（建築学会）:2010」
で仮定されているアンカーのコーン状破壊

●円筒形の破壊形態

⇒引抜耐力を過少評価の可能性

●コーン状の破壊形態

⇒引抜耐力を適正に評価

⇒国内外の諸基準では、この破壊形態を前提に耐力式を構築

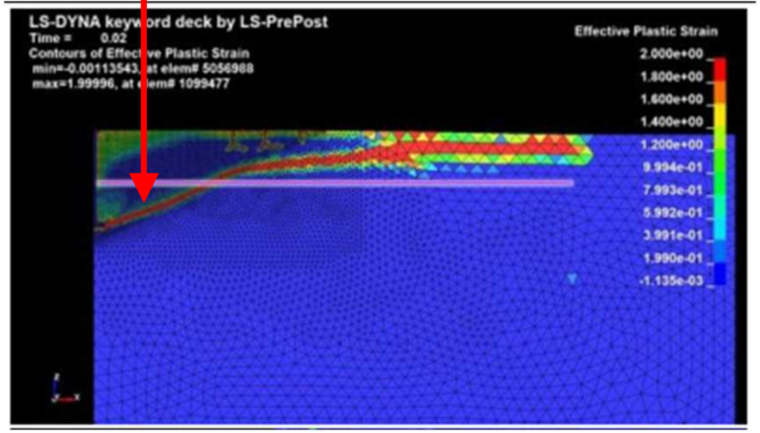
大型係船曲柱の基礎構造に関する小型化検討(3／3)

■ 3次元FEM解析(数値解析)による検討

○係船柱アンカーの引抜破壊の解析事例(50kNの係船柱)

⇒　引抜破壊形態は、コーン状破壊となる可能性が高いことが判明

「コーン状」の破壊面



3次元FEMを用いたコンクリートに埋め込まれた係船柱アンカーの引抜解析結果
(50kN用アンカー)

※国総研資料No.1171(刊行準備中):
3次元FEM解析による既存アンカー耐力式の係船柱用アンカーへの適用性検討

○ 今後の予定

⇒　実物大の係船柱を想定した模型実験によって、アンカーの引抜破壊形態を確認
(係船柱の破壊例は確認されておらず、破壊メカニズムを検証する必要がある。)

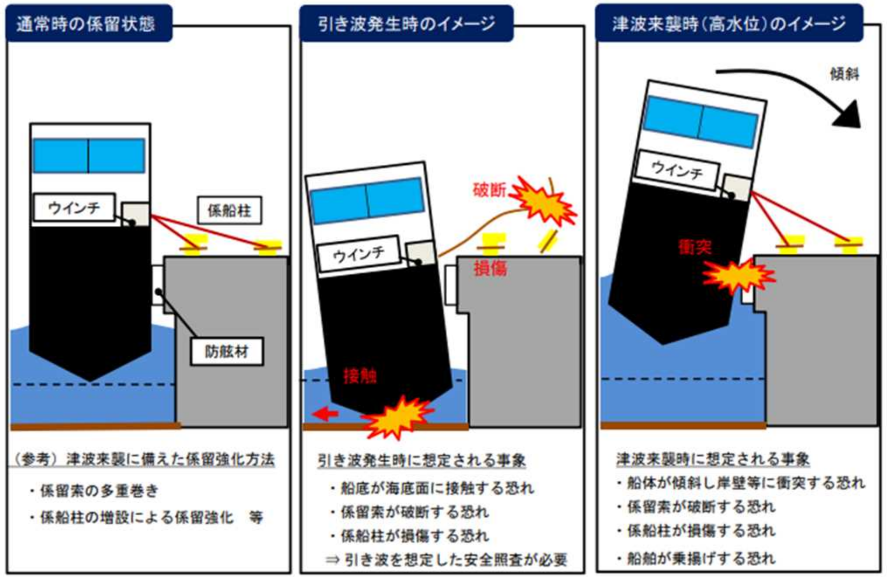
⇒　係船柱の上部構造の小型化とあわせて、係船柱の上部構造・基礎構造の合理的な設計法の提案に向けた検討を継続。

津波時の船舶牽引力作用時への対応

■ 「海・船の視点から見た港湾強靭化検討委員会」での議論

○ 津波来襲時の係船避泊のあり方

⇒ 既存の係留施設や係船柱は、津波牽引力に対して十分な耐力を保有しているか



係船避泊時における岸壁等への影響のイメージ
（海・船の視点から見た港湾強靭化検討委員会　第2回委員会資料より）

■ 今後の検討予定

○ 津波来襲時の係留方法・最大牽引力の調査

⇒ １基の係船柱にかける係船ロープの本数とその規格（最小破断強度）

（2024年発行予定の改正SOLAS条約での最小破断強度の増加も考慮）

○ 新設計法の係船柱アンカーへの適用性（限界引抜耐力の評価）について確認

○ 津波時の船舶牽引力を考慮した係留施設・係船柱の照査体系の構築