

繫離船作業の作業効率向上に配慮した大型係船曲柱の形状寸法の検討

国土技術政策総合研究所 正会員 ○中村 健, 宮田 正史, 非会員 中村 俊之

港湾空港技術研究所 正会員 米山 治男

中電技術コンサルタント(株) 非会員 村上 公亮, 能島 佑佳

1. はじめに

わが国に寄港する船舶, 特にクルーズ客船の大型化に伴い, 港湾工事共通仕様書¹⁾に記載のない大型係船曲柱(設計牽引力 1500kN, 2000kN の規格)が各地の岸壁で設置されている. これらの中には, 曲柱の上部部分(係留ロープを掛ける部分)の寸法が大きすぎるため, ロープを掛け外しする作業(繫離船作業)が大変であり, 作業効率を低下させているとの意見が作業従事者より寄せられているものがある²⁾. ここでは, 繫離船業者にアンケート調査を行うとともに全国 3 ヶ所の業者にヒアリングを実施し, 得られた意見を踏まえて繫離船作業の作業効率の向上に配慮した大型係船曲柱の新たな形状寸法の検討を行った結果を報告する.

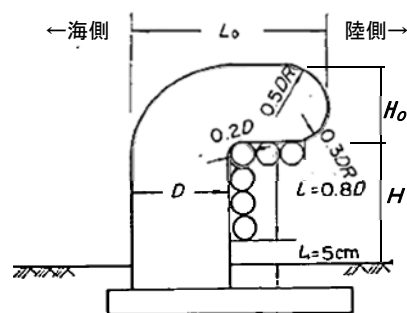
2. 大型係船曲柱の上部形状の設定根拠と課題

係船曲柱とは, 船舶を係留するために岸壁際に設置される柱状の設備である. 図-1 に示すとおり, 上部は陸側に向かって屈曲しカギ状になっており, 係留ロープが抜けにくい形状である. 共通仕様書には, 設計牽引力の異なる 8 種類(50kN から 1000kN)の曲柱の形状寸法が明示されており, その根拠は 1970 年に発行された港研資料³⁾にある.

次に, 現在利用されている主な大型係船曲柱の形状寸法の設定根拠を示す. まず, 曲柱の胴径(D)は, 表-1 中に示す 1500kN 及び 2000kN に対応する胴径が設定されている. 本表は, 係船直柱の利用実績から見て問題のない寸法として規定されたものである.

一方, 曲柱の頭部長さ(L_o)及び胴高(H)は, 港研資料²⁾による提案式(適用範囲は 1000kN 以下)を用いて設定されており, 頭部長さは胴径の 2 倍, 胴高は胴径の 0.8 倍+5cm として設定される. この式は, 図-1 に示すように対象船舶の係船ロープを縦に 4 本, 横に 3 本, 重ねずに並べられることを条件としている. 船舶が大きくなると係船ロープも太くなる傾向にあり, 当時の検討条件範囲ではロープ直径は胴径の 0.2 倍程度と一定であったことから, 提案式は胴径に対する比率のみで各種の寸法が規定できるよう構築されている. なお, 係船柱本体は中空成形された鋳造品であり, 鋳鋼の肉厚も港研資料に基づき, 共通仕様書に明示されている.

しかしながら, この提案式を大型係船曲柱に適用すると, 図-2 で 1000kN の A に対して 1500kN は B, 2000kN は C と大型化し, C では頭部長さ L_o は 130cm, 胴高 H は 57cm, 高さは 109cm にも達する. 一方, 船型や胴径が大きくなったとしても, 係船ロープの太さは, 繫離船作業者が手で掴める太さとする必要があるため, 限界の太さがある(大型船用で 65~80mm, 最大でも 100mm 程度). このため, 現在利用されている大型係船曲柱の頭部長さや胴高は, 不必要に長く設定されていると言える.



3. 繫離船作業者へのアンケート調査・ヒアリング調査

上述した課題に対して、繫離船作業を請け負う企業の業界団体である日本繫離船協会の協力を得て、同協会の会員に対して大型係船曲柱における繫離船作業の現状と問題点、改善要望をアンケート調査するとともに、大型係船曲柱を日常的に利用している3社にヒアリングと現地調査を実施した。

アンケートの結果の一部を図-3に示す。この結果から、1500kNと2000kNの係船柱を扱っている20社のうち、70%にあたる14社が問題ありと回答しており、そのうちの半数の社が係留ロープを掛ける時と外す時の両方で問題があると感じていることがわかった。

ヒアリング結果の概要を表-2に示す。ヒアリングに際しては2000kN仕様の曲柱の原寸図面を示し、実際に利用している曲柱への意見とあわせて問題点と改善要望を聴取した。表-2のように、原寸図のサイズの曲柱は大きすぎて扱いにくいこと、全体の寸法としては1500kN仕様なら問題ないこと、係船柱の高さが作業者の腰の位置より高いと労力が著しく増すこと、頭部長さは原寸図より短めの方が作業性が良いこと、が共通した意見であった。

4. 大型係船曲柱の形状寸法の見直しと試設計

以上の調査結果を参考に、牽引力2000kNの係船曲柱の形状寸法の見直しと試設計を行った。見直しにあたっては、係留時の安全性（係留ロープが外れないこと）及び使用性（複数ロープの同時利用や複数船舶による共用）を低下させない観点から、既存実績のある形状を尊重することを基本方針とした。そこで、1000kN仕様の標準形と1500kN仕様として市販されている係船柱の外形形状を基本に、内側の肉厚を増す、鋳鋼の強度を上げる(SC450→SC480)、頭部長さを短縮するなど表-3に示す6タイプを検討した。図-2のAがタイプ1,2、Bがタイプ4,5に相当する。必要とされる肉厚は、前述の港研資料に基づき、係船柱の底面が固定端、頭部が自由端である片持ち梁と仮定し、設計牽引力を胴部上端から海側斜め上方の任意の方向に作用させた場合でも、鋳鋼の許容応力度以下となるように定めた。

試設計の結果、各タイプの必要肉厚は、1000kN標準と1500kN市販の肉厚に比べると、大きくなる傾向にあるが、いずれのタイプも製作可能であった（国内の係船柱メーカー3社への照会結果）。また、従来の曲柱（C）の鋼重（上部部分）と比較すると、タイプ1から6の鋼重は56%から81%程度へと軽量になる結果であった。

5. まとめと今後の課題

今回の検討の結果、設計牽引力が2000kNの大型係船曲柱について、係留時の安全性・使用性を確保した上で、従来よりも上部形状を小型化し、繫離船作業の効率化を図ることができることが分かった。今後、上記の係船柱に見合う底板やアンカーボルトを検討し、係船柱の全体形状を提案する予定である。なお、本調査の実施にあたっては、日本繫離船協会及び会員各社にご協力を頂きましたことに謝意を表します。

参考文献 1)国交省港湾局:港湾工事共通仕様書,2017. 2)西岡ら:係留施設の附帯設備等の整備における繫離船作業の安全性向上への配慮事項に関する検討,国総研資料 No.957, 2017. 3)稲垣ら:けい船柱の標準設計(案),港研資料 No.102, 1970.

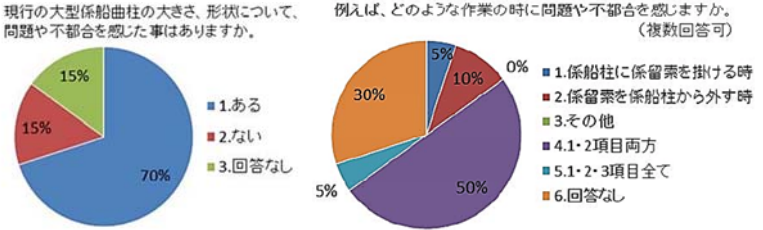


図-3 大型係船曲柱に関わるアンケート結果

表-2 ヒアリング結果概要

	ヒアリングでの主な意見
全体寸法	・1500kN型程度の大きさであれば問題ない。
胴径(D)	・強度があれば細くしても作業上の支障はない。 ・係留索が斜め上から引っ張られた際に持ち上がりにくい形状がよい（頭部方向に末広がりに太くなる等）
胴高(H)	・2隻の係留索を合取する場合があるため、最大8本掛けられる高さが必要。 ・客船の場合は係留索を3,4本かけるため、胴高40～45cm程度が良い。
頭部長さ(L ₀)	・係留索が2本横に並べられる長さであれば十分。 ・現在使っている係船曲柱の頭部長さが30cmで、これより短くなると係留索が外れる恐れがある。
頭部高(H ₀)	・係船柱の高さが股下(約80cm)だと作業がしやすいので、胴高は係留索をかけるので必要だが、頭部高さは低いほうが良い。

表-3 大型係船曲柱の試設計ケースの一覧

種類	胴径	高さ	材質	肉厚	頭部長さ
1000kN 標準(A)	45cm	77cm	SC450	39mm	45cm
タイプ1	45cm	77cm	SC450	85mm	45cm
タイプ2	45cm	77cm	SC480	63mm	45cm
タイプ3	45cm	77cm	SC480	63mm	30cm
1500kN 市販(B)	55cm	93cm	SC450	48mm	55cm
タイプ4	55cm	93cm	SC450	57mm	55cm
タイプ5	55cm	93cm	SC480	46mm	55cm
タイプ6	55cm	93cm	SC480	46mm	33cm