

資料-5

大型係船曲柱の小型化の検討状況

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現状と課題

- 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、繫離船作業が困難であるとの意見が国総研資料No. 957で挙げられている。**

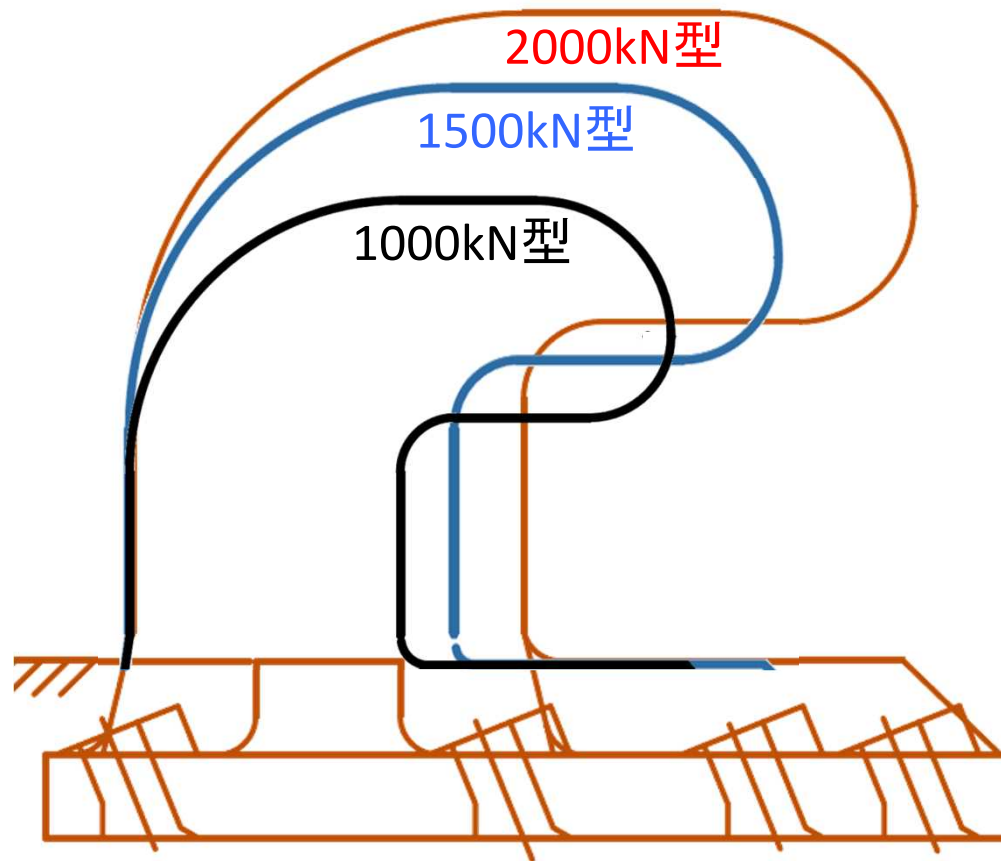
略 称	設計 けん 引力	胴 部			頭 部			アンカーボルト		
		胴径	胴高	厚さ	頭部 幅	頭部 高	厚さ	呼び径	本 数	埋込 み角
		D	H	t	$B_o L_o$	H_o	t_o	ϕ	(本)	(°)
曲柱 50	50	150	170	20	300	120	20	20	4	22
曲柱 100	100	200	210	20	400	160	20	27	4	22
曲柱 150	150	250	250	20	500	200	20	33	4	22
曲柱 250	250	300	290	21	600	240	21	42	4	22
曲柱 350	350	300	290	25	600	240	25	42	6	22
曲柱 500	500	350	330	29	700	280	29	48	6	22
曲柱 700	700	400	370	33	800	320	33	56	6	22
曲柱1000	1000	450	410	39	900	360	39	64	6	22

曲柱の標準寸法と設計牽引力(抜粋)
港湾工事共通仕様書(1976年から記載有り)



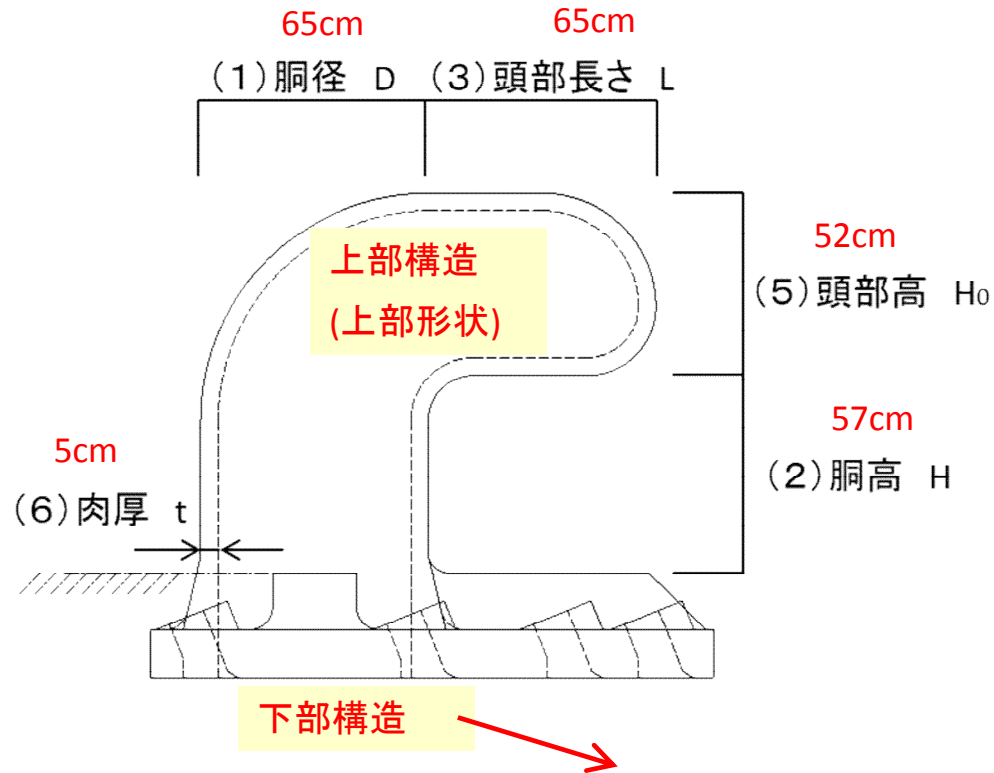
2000kN型の大型係船曲柱
西岡ら,国総研資料No. 957, 係留施設の附帯設備等の整備に
おける繫離船作業の安全性向上への配慮事項に関する検討

■ 2000・1500kN市販型の上部形状大型化の要因(推定)

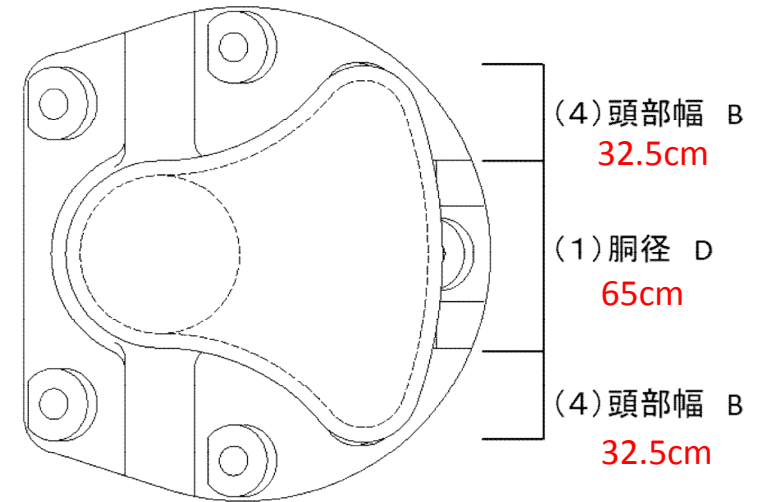


- ☛ 1000kN型(実績あり)の形状寸法をそのまま拡大して、1500・2000kN型(実績なし)に適用？

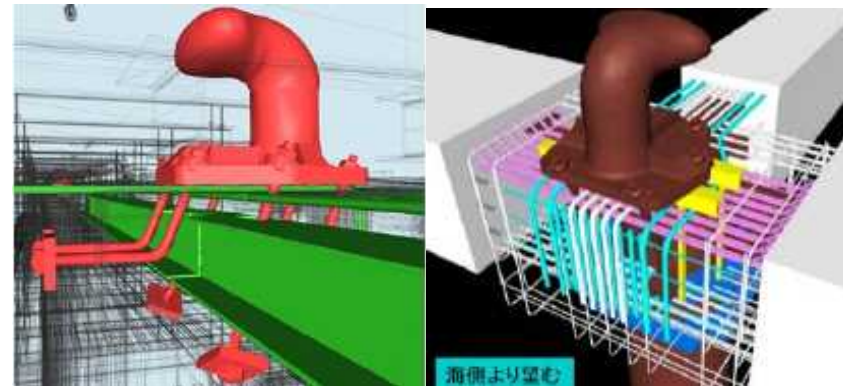
用語定義



寸法: 2000kN型(市販型)



2000kN型(市販型)下部の設置状況
 ※H28d清水港日の出岸壁(-12m)改良工事



係船柱と鉄筋の干渉チェックと対策
 ※日建連 2019施工CIM事例集

■全体計画

■大型係船曲柱の上部形状の小型化の検討

○基礎調査

- ① アンケート調査 (日本繋離船協会よりご協力頂く)
- ② ヒアリング調査 (日本繋離船協会(3社)よりご協力頂く)
- ③ 既往設計事例の調査
- ④ 大型係船曲柱の小型化の検討 (港研資料に基づく検討)

○上部形状の小型化の方向性 (現時点でのまとめ)

今後検討



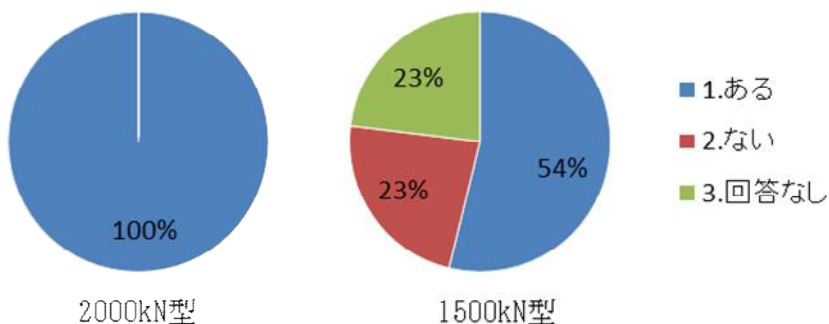
■大型係船曲柱(上部形状:小型化)の全体構造(上部・基礎)検討

■①アンケート結果

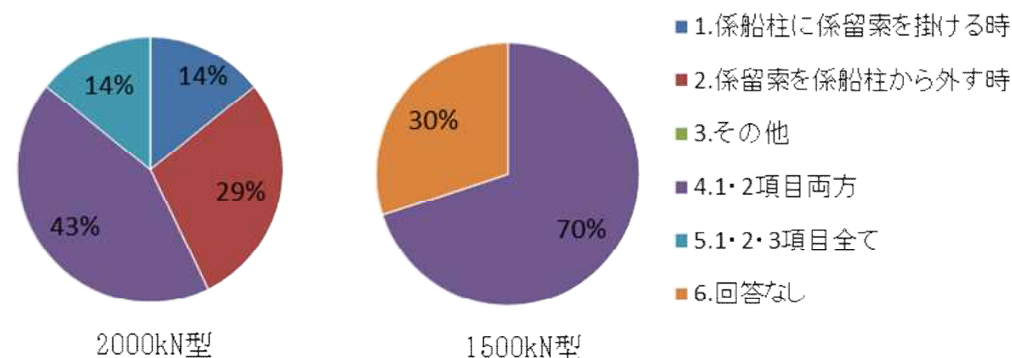
□ 繫離船作業者へのアンケート調査

- 日本繫離船協会の会員各社のうち、大型係船曲柱を扱っている18社から回答を得た。
- 2000kN型を扱っている業者は7社、1500kN型を扱っている業者は11社。
- 👉 特に、2000kN型で問題が顕著(全作業時, 頭部長さ, 頭部幅)

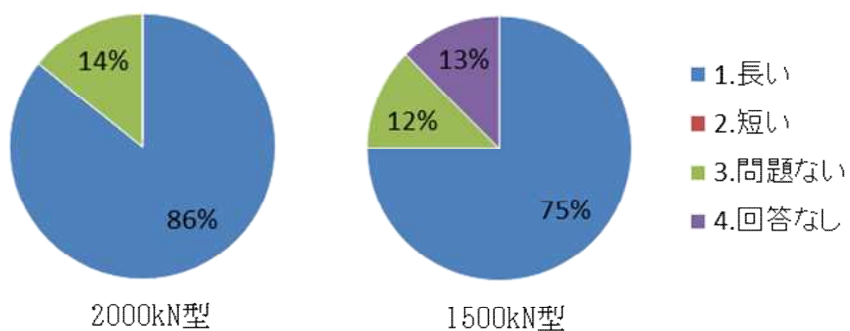
● 大きさと形状について問題あるか



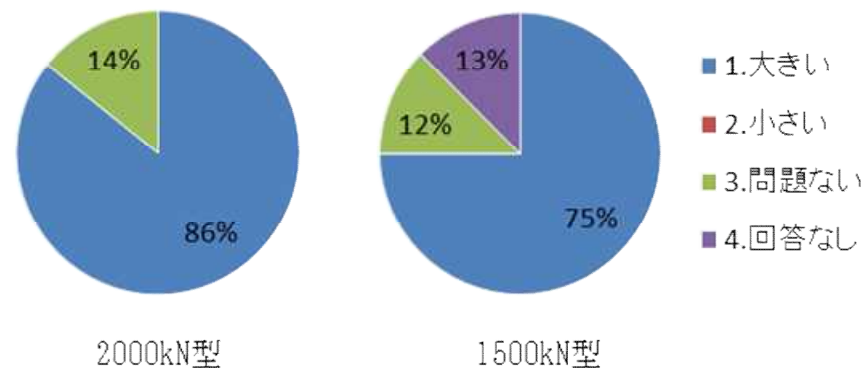
● どのような作業時に支障があるか



● 頭部長さについて



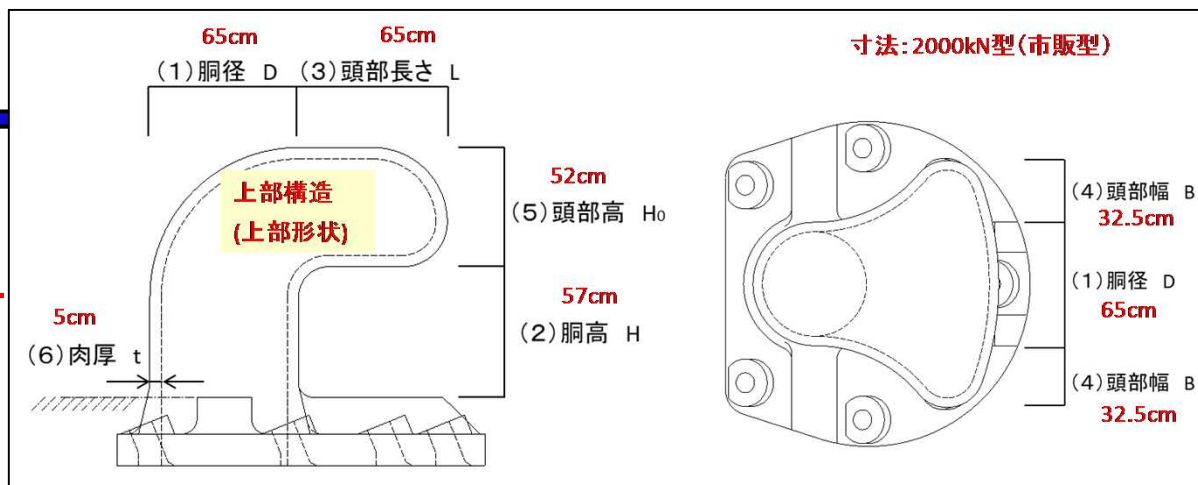
● 頭部幅について



■②ヒアリング結果

(対象: 2000kN型を利用している3社)

- ☞ 2000kN市販型は大きすぎる。
- ☞ 1500・1000kN市販型であれば問題ない



部位	主要意見
全体形状	<ul style="list-style-type: none"> ・2000kN型は特に寸法が大きすぎる(A社, B社, C社) ・1500kN型程度の大きさであれば作業上問題ない。(A社) ・牽引力2000kNに耐えられるなら1000kN型がよい。(C社)
(1) 胴径(D)	<ul style="list-style-type: none"> ・強度があれば細くしても作業上の支障はない。(C社) ・係留索が斜め上から牽引された際に持ち上がりにくい形状がよい。(B社, C社)
(2) 胴高(H)	<ul style="list-style-type: none"> ・2隻の係留索を合取りする場合があるため, 最大8本掛けられる高さが必要。(A社, C社) ・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。(A社)
(3) 頭部長さ(L)	<ul style="list-style-type: none"> ・2000kN型は長すぎる。(A社, B社, C社) ・頭部長さが30cmより短くなると複数本掛けるときに係留索が外れる恐れがある。(A社) ・係留索が2本横に並べられる長さであれば十分。(C社)
(4) 頭部幅(B)	<ul style="list-style-type: none"> ・短い方が係留索の掛け外しが容易になる。(A社, B社, C社) ・頭部幅が25cmより短くなると複数本掛けるときに係留索が外れる恐れがある。(A社)
(5) 頭部高(H0)	<ul style="list-style-type: none"> ・係船曲柱の高さが股下(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。(A社, B社, C社) ・1500kN型程度の大きさが丁度良い。(C社)

■ ③ 既往設計事例の調査

□ 各地で独自に検討された事例(市販型との比較)

- 市販型が多く出回っているが、一部では現場条件や繫離船作業者の要望に合わせた係船曲柱が独自で検討されており、実績があることが確認された。



市販型の係船曲柱

頭部長さL=65cm



横浜港本牧ふ頭の係船曲柱

頭部長さL=30cm

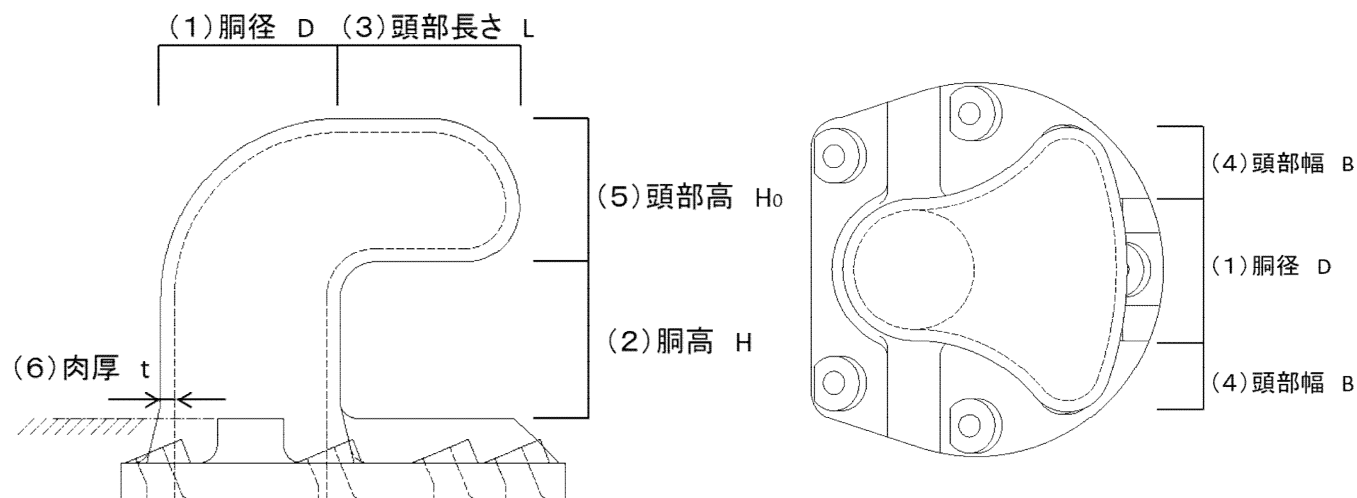


大阪港夢洲の係船曲柱

頭部長さL=30cm

☞2000kNの上部形状小型化の実績あり

■ ③ 既往設計事例の調査



係船曲柱の寸法比較(市販型, 実績)

各部位の寸法	2000kN 市販型	横浜港	大阪港	1500kN 市販型	1000kN 市販型
(1) 胴径D[cm]	65	60	69	55	45
(2) 胴高H[cm]	57	55	58	49	41
(3) 頭部長さL[cm]	65	30	30	55	45
(4) 頭部幅B[cm]	32.5	25	32	27.5	22.5
(5) 頭部高H0[cm]	52	45	35	44	36

☛ 2000kNの上部形状((3), (4), (5))は, 1500kN市販型の寸法程度まで小型化可能

■④大型係船曲柱の小型化の検討

□ 港研資料No.102に基づく上部形状設定に関する設計思想について

設計思想：係船ロープを縦に4本、横に3本、重ねずに並べられる。

条件：係船ロープの径 ϕ は100mm

- 港空研資料No.1341では、一般貨物船200,000総トンの係船ロープの径は85mmと算出している。
- 繊維ロープメーカーのカタログに掲載されている係船ロープの最大径は、世界最大クラスの船舶を想定した120mmがあったが、その他は100mm以下の規格。
- 繫離船作業者にアンケート・ヒアリングの結果、係船ロープの径は最大でも100mm程度と回答があった。

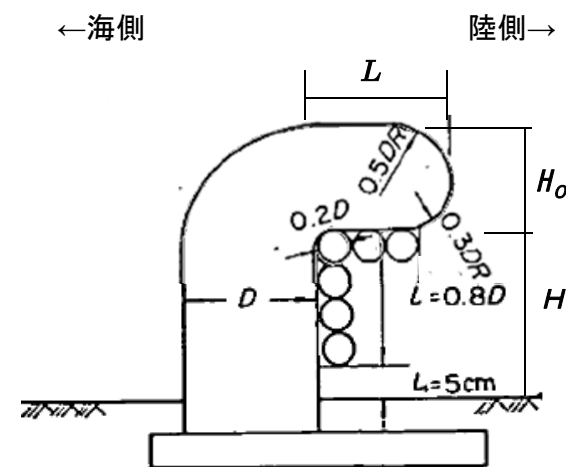
港研資料No.102の設計思想に基づき、各部位の寸法を算出

$$\begin{aligned} \text{胴高}H &= 4 \times \Phi + 5\text{cm} \\ &= 45\text{cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{頭部幅}B &= 0.5 \times D \\ B &= 24.75\text{cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{頭部長さ}L &= 3 \times \Phi + 0.3 \times D \\ &= 49.5\text{cm} \end{aligned}$$

各部位の寸法	検討例	2000kN型との寸法差	1500kN型との寸法差	1000kN型との寸法差
胴高H[cm]	45	-12	-4	+4
頭部長さL[cm]	49.5	-15.5	-5.5	+4.5
頭部幅B[cm]	24.75	-7.75	-2.75	+2.25



港研資料での寸法の考え方

➡ (仮)元々の設計思想に基づけば、1500kN市販型の寸法であれば十分

大型係船曲柱の小型化の検討(現時点のまとめ)

- 繫離船作業者へのアンケート・ヒアリング調査の結果は、以下のとおり。
 - 2000kN型係船曲柱について、上部形状が大きすぎるとの意見が大勢を占めた。
 - 牽引力2000kNの場合であっても、1500kN又は1000kN市販型の寸法であれば問題ないとの意見が大勢を占めた。
- 独自に大型係船曲柱の頭部を小型化している事例が各地にあることがわかった。
- 港研資料に基づく方法により、2000kN市販型を対象に小型化の検討を行ったところ、1500kN市販型の寸法であれば、安全性を確保できることがわかった。



★現時点では、2000kN型(市販型)を1500kN型(市販型)の上部形状(外形寸法)と同程度に変更することが、有望な改良方針。



※今後は、主に2000kN市販型の大型係船曲柱について、上部形状に加えて基礎構造も含めた全体形状の検討、構造計算の実施、製造性の確認等を行う予定。