

大型クルーズ船の受け入れ環境 改善に向けた取り組み

白崎正浩¹・加藤崇洋²

¹清水港湾事務所 工務課 (〒424-0922静岡県清水区日の出町7番5号)

²清水港湾事務所 第一建設管理官室 (〒424-0922静岡県清水区日の出町7番5号)

近年、清水港では大型客船の寄港数が増加傾向にある。しかしながら、従来型の船舶を想定して設計された受入施設は客船の大型化に適切に対応しきれていないと言えず、物流・人流を妨げるような係船方法を取らざるを得ないなど、受け入れ環境の課題が浮き彫りとなってきている。このような課題を解決すべく、急増するクルーズ人口と船舶の大型化に対応するため環境改善策を検討した。

キーワード：客船、係船柱、改良工事

1. はじめに

近年、我が国を取り巻くクルーズ環境は大きく変化している。船舶は世界的に大型化が進み、より多くの物資・人員の輸送が可能となっている。またクルーズ人口についても世界的に増加傾向にあり、欧州圏のみならずアジア圏やそのほかの地域にも広がりを見せている。こうした中、日本を訪れる外国人観光客も急増し、インバウンドの経済効果も重要視されている。国土交通省では「観光立国に向けたアクション・プログラム2014¹⁾」に基づきクルーズ船の誘致に向け全国的に様々な取組を行ってきたが、平成27年12月の博多港へのクルーズ船の寄港で、クルーズ船により入国した外国人旅行客が年間100万人の大体に到達し、2020年としていた目標を大幅に前倒し「クルーズ100万人時代」の到来を迎えることとなった。

2. 清水港について

清水港は駿河湾の西岸に位置し、三保半島を天然の防波堤として形成された水深の深い良港である。清水港の歴史は極めて古く、日本書紀によると百済援助の軍船が、清水周辺の船着き場から出発したと推測される記述もあり、江戸時代には東京と大阪、東海各地を結ぶ重要な港として賑わった。明治32年(1899年)には国際貿易港として「開港場」に指定され、お茶の輸出にはじまり貿易港として発展を遂げてきた。今日では背後圏に多様な産業が集積しており、高速道路をはじめ主要幹線道路とも近接していることから、国内外の物流拠点として重要な役割を果たしている。また平成25年には、第37回ユネスコ世界遺産委員会において富士山(写真-1)が世界文化遺産に登録され、清水港からの眺望を観光資源として生かした外国人観光客の誘致、および地域への経済効果(写真-2、写真-3)が期待されている。



写真-1 清水港全景。



写真-2 客船入港時の様子。



写真-3 帆船入港時の様子。

3. 日の出岸壁について

清水港でのクルーズ船の受入は日の出地区の4・5号岸壁で行われているが、客船寄港時以外は木材や紙パルプなどを輸入する岸壁として利用されている。そのため通常はSOLASフェンスによる立入制限区画であり、クルーズ船入港時のみ可動式のSOLASフェンス（写真-4）を移設することで受入体制を整えている。また10万GT級を超える大型客船は上屋横の埋込式係船直柱を使用せざるを得ず、人流・物流を妨げるような係留状況（写真-5）である。このような中、平成28年度には過去最高となった平成27年度（図-1）を上回る数の寄港が予定されており、今後さらなる寄港による経済効果に地域の期待が高まっているところである。したがって、このような受け入れ環境を改善することで、さらなる賑わいを創出することが急務となっている。

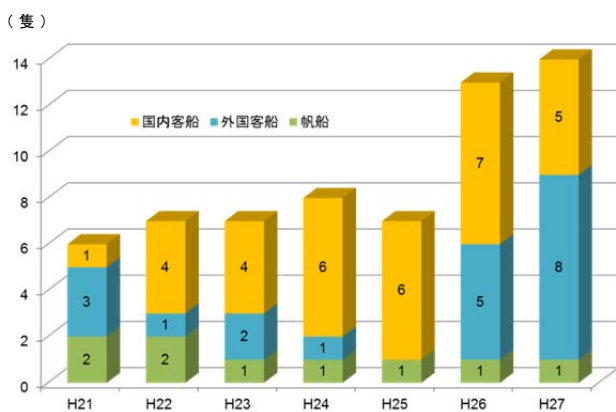


図-1 清水港における客船等の入港実績。

4. 設計条件の設定について

(1) 対象船舶

近年日本に寄港した実績がある、もしくは今後寄港することが考えられる大型客船としては、表-1に示すようなものが挙げられる。これらの船型のうち、今回の検討では太枠で示す世界最大級（23万GT級）の客船を対象とした。

表-1 大型客船の諸元。

		12 万 GT 級	14 万 GT 級	17 万 GT 級	23 万 GT 級
船名		ダイヤ モンド プリンセス	ボイジャー オブ・ザ シーズ	クアンタム オブ・ザ シーズ	オアシス オブ・ザ シーズ
船種		客船	客船	客船	客船
総トン数	t	115,875	138,194	168,666	225,282
乗客定員	人	2,670 (3,286)	3,286 (4,000)	4,180 (4,905)	5,400 (6,360)
全長(Loa)	m	288.3	311.1	348	362
垂線間長(Lpp)	m	246	275.4	320.1	330
型幅	m	37.5	38.6	41.1	47
型深	m	11.4	11.7	11.55	12.65
軽貨喫水	m	8.5	9.09	8.6	9.15
排水量	t	60,636	67,592	78,130	104,000

※乗船定員は1室2人使用時、（ ）書きは全ベッド使用時

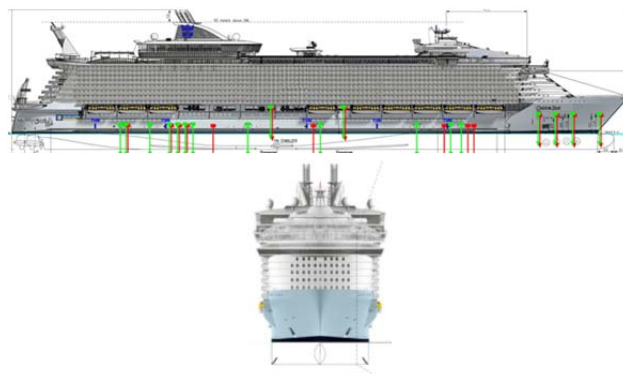


図-2 対象船舶の外観図。

(2) 施設配置計画

検討では物流・人流の動線に配慮した係船柱（曲柱・直柱）の配置計画として2例が提案された。

案1は、既設の係船曲柱6基を大型の係船曲柱（2,000kN）へと改良する案である。現状に比べて陸域に係留索をとらない分、制限区域が大幅に減少し、見物スペースを増大させることが可能となる。さらに、バス等駐機所において一方通行の動線が確保できることからバスの回頭スペースが不要となるため、背後地利用の上でも有利な配置となる（写真-6、図-3）。



写真-4 可動式のSOLASフェンス。



写真-5 12万GT級客船係留状況。



写真-6 バス等駐機所の様子。

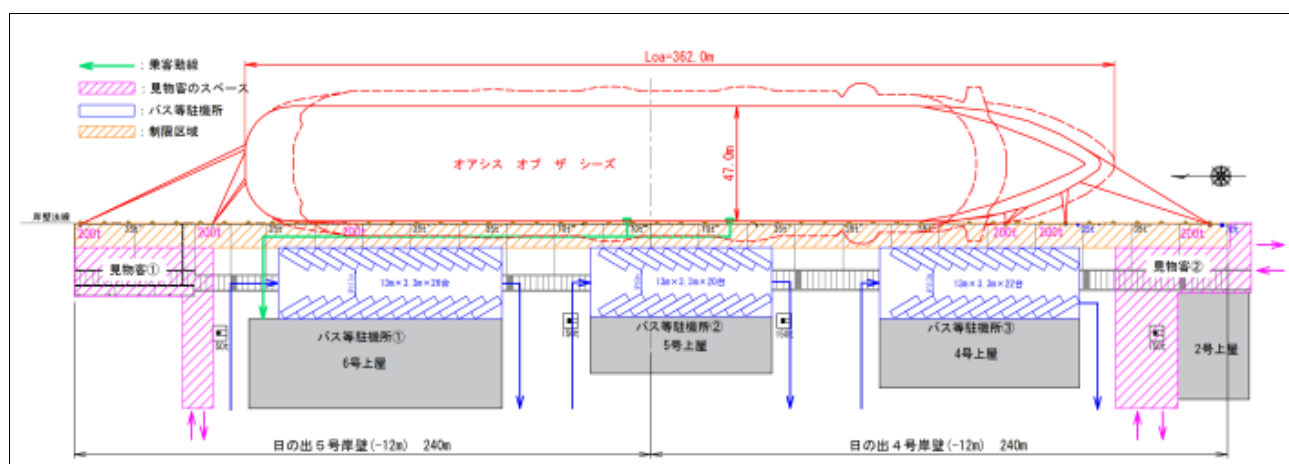


図-3 案1：既設係船曲柱改良案。(350kN又は700kN⇒2,000kN)

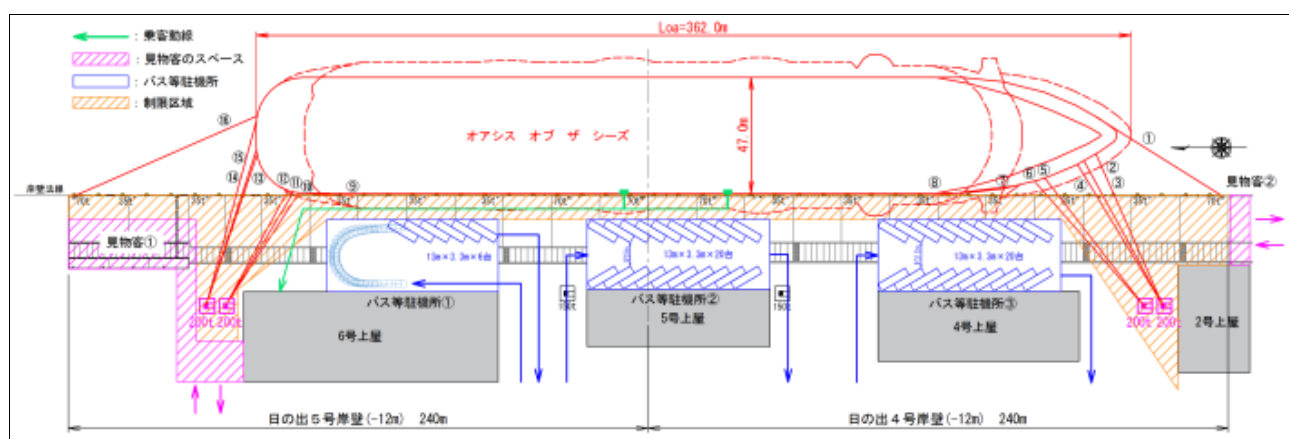


図-4 案2：係船直柱新設案。(2,000kN 新設)

案2は、着脱式係船直柱(2,000kN)を4基新設する案である。既存の係船直柱(1,500kN)付近に新設するため制限区域はほぼ同様となるが、陸地での施工であり改良規模も小規模であることから、施工性は有利である。またバス等駐機所については、大型客船の係留に伴う制限区域により片側からの出入となるため、転回スペースが必要となる(図-4)。

5. 受入施設の各種照査について

(1) 既設構造物の安定照査

改良案の検討にあたっては、既設の棧橋構造に対し、新規荷重であるけん引力2,000kNがそれぞれの係船直柱・曲柱に作用した場合における安定性について照査を実施した。照査は既設の棧橋において構造形式の異なる5断面についてそれぞれ実施した。

その結果、すべての断面について安定性が確保されるとの結果が得られた。

(2) 防舷材の性能照査

既設防舷材の吸収エネルギーに対し、検討対象船舶(23万GT級客船)の接岸エネルギーとの関係について比較検討を行った。

その結果、表-2及び図-5に示すとおり、検討対象船舶が接岸速度6.0cm/sで接岸した場合は検討対象船舶の接岸エネルギー173.0 kN・mが防舷材の吸収エネルギー159kN・m(性能公差-10%を考慮した値)を上回るため許容値をオーバーするが、接岸速度を5.5cm/sとすれば対応可能であることが確認できた。なお、実操船においては1cm単位の操船をすることが想定されるため、運用上は5.0cm/s以下の接岸速度で接岸する必要があると考えられる。

表-2 既設防舷材の主な諸元

規格	サイズ	吸収エネルギー※1	防舷材反力※2
V600H	2,000L (1,000L×2段)	159.0 kN・m	1,000 kN

※1：性能公差-10%考慮

※2：性能公差+10%考慮

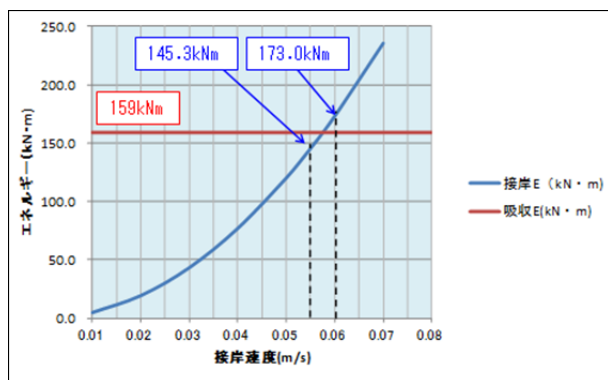


図-5 接岸エネルギーと吸収エネルギーの比較.

(3) 係船柱の性能照査

23万GT級客船の受け入れに際し、立案した係船柱配置計画案の2案について係留限界風速を算出し、係船柱の性能照査を行った。なお、対象船型（23万GT級客船）の諸元は表-1の通りである。

a) 係留索等の仕様

対象船舶の係留索等の仕様は表-3に示す通りである。係留索の安全使用荷重は、破断荷重に安全率を加味したものとした。係留索及び係船機の安全率は、OCIMF（石油会社国際海事評議会）の定める「係留設備に関する指針²⁾」の推奨値を採用した。

表-3 係留索等の仕様.

検討対象船型		23 万 GT 級客船
係留索	材質	Dyneema
	径	46mm
	破断荷重	1,400 kN (142.7 tf)
	安全率	2.0(MBL※×0.5)
	安全使用荷重	700 kN (71.4 tf)
係船機	ブレーキ力	1,152 kN (117.4tf)
	安全率	1.5
係船柱	曲柱(既設)	350 kN (35tf), 700 kN (75tf)
	直柱(新設)	2,000 kN (200tf)

※MBL：Minimum Breaking Load（最小破断荷重）の略

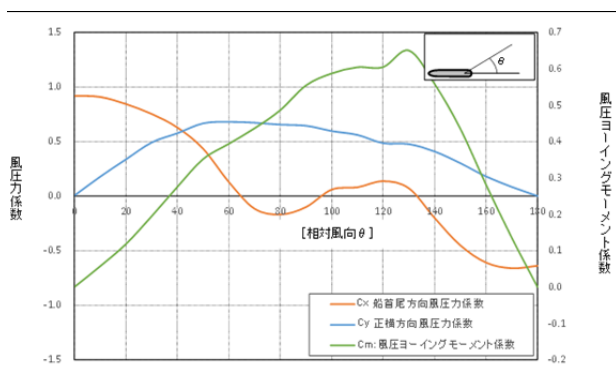


図-6 風圧力係数.

表-4 風圧力係数.

Φ (deg)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180
Cx	0.919	0.843	0.628	0.129	-0.17	0.059	0.136	-0.2	-0.61	-0.64
Cy	0.005	0.336	0.575	0.68	0.654	0.595	0.485	0.408	0.179	0
Cm	0	0.118	0.275	0.394	0.486	0.587	0.605	0.558	0.281	0

b) 風圧力係数

風圧力係数及び風圧ヨーイングモーメント係数は、船社より入手した「オアシス・オブ・ザ・シーズ（23万GT級）」の資料を基に算出した（表-4、図-6）。

c) 係留限界風速

a), b) 及び対象船舶の綱取り要領を考慮し計算した結果、案1において、入船右舷付け時の係留限界風速は、いずれの風向においても21.1m/sec以上という結果が得られた。同様に、案2の係留限界風速は 23.9m/sec以上となった。

係留限界風速については、案1、案2とも20.0m/sを超える結果となった（表-5）。このことから、23万GT級の大型客船受け入れについては、いずれの係船柱配置計画案においても問題ないことが確認できた。

表-5 限界風速計算結果.

	案1	案2
	既設係船曲柱取換案 (350kN又は700kN⇒2,000kN)	係船直柱新設案 (2,000kN 新設)
23 万 GT 級客船 限界風速	21.1 m/s	23.9 m/s

6. 総合的な比較検討

案1、案2の比較検討にあたっては「コスト面」、「利用面」、「施工性」などの観点から、それぞれの項目の優位性を判定し、総合的な比較を行った（表-6、表-7）。

比較検討の結果、土地利用の面で有利で、かつ係船柱の設置・撤去に伴う管理費も不要である「案1」を採用することとした。

7. おわりに

本報告での詳細な説明は割愛するが、今回の検討では詳細設計と施工検討も併せて実施しており、その中で「局部的な断面の増厚」と「補強筋による耐力改良」により、工費削減と工期短縮にも大きく貢献したことを付け加えておきたい。

本報告の取り組みにより、世界最大級の外航客船の受け入れ環境改善へ目途を付けることができた。今回得られた知見をもとに、施設改良を着実に進めてまいりたい。

表-6 案1：既設係船曲柱取換案(350kN又は700kN⇒2,000kN)。

係留配置案		【案1】既設係船曲柱(350kN 又は 700kN⇒2,000kN)改良案 (棧橋の梁を改良し 350kN 又は 700kN 型を既設係船曲柱 2,000kN 型に取換する案)	
係留施設 【現況】		4号(-12m)岸壁:延長 240m, 防舷材:V型(標準型)600H×1,000L×2段@24基, 係船柱:700kN型@2基, 350kN型@6基 5号(-12m)岸壁:延長 240m, 防舷材:V型(標準型)600H×1,000L×2段@24基, 係船柱:700kN型@3基, 350kN型@6基	
係留施設 【改良】	防舷材	接岸エネルギー:145.3kN・m(接岸速度 5.5cm/s)	▲
		標準型(既設)V型 600H×2,000L (159kN・m)	
	係船柱	350kN(曲柱)@2基(既設),	○
		2,000kN(曲柱)@6基(取換)使用 (限界風速 22.1m/s)	
改修 概算費用	防舷材	— ※既設防舷材にて対応	—
	係船柱	約 65 百万円(諸経費も含む)※2,000kN(曲柱)6 基新設費用(棧橋の梁補強改良費も含む)	○
管理費 評価	係船柱	— ※大型客船寄港に伴う係船柱の設置・撤去不要	○
	土地利用 (寄港時)	・既検討の 17 万 GT 級大型船係留時と比べ, 制限区域を狭くすることが可能なため, 土地利用の上では有利.	◎
	土地利用 (通常時)	・直柱 1,500kN(埋設型)を使用しないため, 通常の荷役に支障ない.	○
	船社対応	・オアシス級の受入時, 2,000kN の係船柱が必要との船社要望へ対応可能. 但し, 基数や改良箇所については船社への確認が必要.	○
	施工性	・現状の棧橋では 2,000kN 係船柱で生じるけん引力に耐えられないため, 既設棧橋上部工の一部区間を撤去し, 梁の補強改良をする必要がある.	▲
総 合 評 価		○	

表-7 案2：係船直柱新設案 (2,000kN 新設)。

係留配置案		【案2】係船直柱(2,000kN)新設案 (背後陸域に 2,000kN 型係船直柱を新設する案)	
係留施設 【現況】		4号(-12m)岸壁:延長 240m, 防舷材:V型(標準型)600H×1,000L×2段@24基, 係船柱:700kN型@2基, 350kN型@6基 5号(-12m)岸壁:延長 240m, 防舷材:V型(標準型)600H×1,000L×2段@24基, 係船柱:700kN型@3基, 350kN型@6基	
係留施設 【改良】	防舷材	接岸エネルギー:145.3kN・m(接岸速度 5.5cm/s)	▲
		標準型(既設)V型 600H×2,000L (159kN・m)	
	係船柱	350kN(曲柱)@3基(既設), 700kN(曲柱)@2基(既設),	○
		2,000kN(直柱)@4基(着脱式係船柱新設)使用 (限界風速 23.9m/s)	
改修 概算費用	防舷材	— ※既設防舷材にて対応	—
	係船柱	約 66 百万円(諸経費も含む)※2,000kN(直柱)4 基新設費用	○
管理費 評価	係船柱	約 120 万円/回(諸経費も含む)※寄港の都度 2,000kN 型直柱の設置・撤去費用が必要	▲
	土地利用 (寄港時)	・新設する直柱 2,000kN は, 既設ケーソン背後地でかつ制限区域が最小限となる既設直柱 (1,500kN)設置位置に新設. 土地利用上は既検討の 17 万 GT 級大型船係留時と同様の制限区域となる.	▲
	土地利用 (通常時)	・新設する直柱 2,000kN は, 脱着式を想定していることから通常の荷役に支障ない. ・現直柱 1,500kN(埋設型)位置へ設置することになるため, 撤去が必要となる.	○
	船社対応	・オアシス級の受入時, 2,000kN の係船柱が必要との船社要望へ対応可能. 但し, 基数や設置位置については船社への確認が必要.	○
	施工性	・既設ケーソン背後地へ直柱を設置する計画であり, その埋設に伴う工事で済むことから, 施工性は良好である.	○
総 合 評 価		▲	

参考文献

1) 国土交通省観光庁：観光立国実現に向けたアクション・プログラム2014, 2014.

2) OCIMF（石油会社国際海事評議会）：MOORING EQUIPMENT GUIDELINES（係留設備に関する指針），日本タンカー協会訳，2008.