

博多港 中央ふ頭地区における大型クルーズ船受入整備について

博多港湾・空港整備事務所 第一工務課 ◎高田 正志
○梶木 薫

1. はじめに

1. 1 クルーズ需要の動向

世界のクルーズ市場は、カリブ海や地中海を中心に成長を続けており、世界のクルーズ人口は、欧米人を中心に、平成 17 年の 1,370 万人から平成 27 年には 2,320 万人となり、10 年間で約 1.7 倍に増加している。

このうち、アジア市場は平成 20 年に欧米系の大手クルーズ会社が中国市場に 1 泊 1 万円を切るカジュアルクルーズ船を投入して以来、急速に発展し、平成 17 年の 76 万人から平成 27 年には 208 万人と、10 年間で約 2.7 倍と急増している。

1. 2 クルーズ船受入の目標と施策

政府は「観光先進国」に向けたビジョンとして、平成 28 年 3 月 30 日、「明日の日本を支える観光ビジョン」を取りまとめた。観光ビジョンにおいては、国を挙げて、観光を我が国の基幹産業へと成長させ、「観光先進国」の実現を目指すため、新たな目標として、訪日外国人旅行者を平成 32 年に 4,000 万人、訪日外国人旅行消費額を 8 兆円とする等が定められた。

クルーズ船受入についても、アジアのクルーズ市場が増大していることを踏まえ、新たな目標として、「訪日クルーズ旅客を平成 32 年に 500 万人とする」を設定し、「北東アジア海域をカリブ海のような世界的なクルーズ市場に成長させ、クルーズ船の寄港を活かした地域の創生を図る」こととした。

1. 3 博多港におけるクルーズ船寄港の状況

博多港は、中国の各港（上海、厦門、香港等）からクルーズ旅行を行う場合、クルーズ船の時間、スピード、距離の観点より、中国の各母港から短い旅程で問題なく寄港することができるという地理的優位性がある。よって、多くのクルーズ船が寄港し、平成 26 年以降、外航クルーズ船寄港隻数が連続日本一となっている。

更に、博多港におけるクルーズ船寄港隻数は、平成 27 年の 259 回に対し、平成 28 年は 328 回と更に増加している。

1. 4 博多港におけるクルーズ船受入の課題

博多港の外航クルーズ船の受け入れは、入国手続きができる「クルーズセンター」がある中央ふ頭地区を利用することが望ましい。しかし、アジアに配船されている最大級のクルーズ船「クァンタム・オブ・ザ・シーズ（延長 348m）」は中央ふ頭 5 号岸壁（岸壁延長 270m＋係船ドルフィン 70m）では岸壁延長が不足することから、貨物ふ頭である箱崎ふ頭 5

号岸壁（延長 240m）、及び 4 号岸壁（延長 185m）の連続バースを利用せざるを得ない状況であった。

一方、箱崎ふ頭 5 号岸壁、及び 4 号岸壁は物流機能を担保する必要があるため、火曜、水曜しかクルーズ船を受け入れることができず、クルーズ船受入に支障を来していたものである。

よって、平成 27 年度に中央ふ頭 5 号岸壁の延伸を計画し、平成 28 年度に工事に着工、平成 29 年 3 月の工事完成に伴い、クァンタム・オブ・ザ・シーズは中央ふ頭 5 号岸壁を利用できるようになり、平成 29 年 5 月 3 日に中央ふ頭に初入港した。

本論文は、中央ふ頭 5 号岸壁の延伸に関する、計画、設計、施工における課題と対応について取りまとめるものである。

2. クルーズ船受入整備の計画

2. 1 対象船舶

博多港にはクァンタム・オブ・ザ・シーズが平成 27 年 6 月より箱崎ふ頭に寄港しているが、入港できる曜日に制約があることから受入に支障があり、早急な対応が必要であったことを受け、対象船舶はクァンタム・オブ・ザ・シーズとした。

また、ロイヤルカリビアン・インターナショナル社はオアシス・オブ・ザ・シーズを平成 30 年配船から投入したい意向を港湾管理者である福岡市へ伝えていたことから、次の段階としてオアシス・オブ・ザ・シーズを対象船舶とした。

表1 対象船舶の諸元

船名	総トン数 (G/T)	船長 (m)	船幅 (m)	吃水 (m)	必要水深 (m)	岸壁必要 延長 (m)
クァンタム・オブ・ザ・シーズ	167,800	347.80	41.45	8.53	9.40	390
オアシス・オブ・ザ・シーズ	225,282	361.90	47.00	9.30	10.30	410

2. 2 整備計画

2. 2. 1 クァンタム・オブ・ザ・シーズ受入整備計画

既設中央ふ頭地区 5 号岸壁は延長 270m、水深 10m の本体の沖側 70m に係船ドルフィンがあり、ボイジャー・オブ・ザ・シーズ（船長 311m）まで係船が可能な状況であった。

クァンタム・オブ・ザ・シーズが係船した場合に不足する岸壁延長について、係船ドルフィンの沖側に係船索を取ることができるように既設係船ドルフィンの沖側に延長 60m の構造物を設置することとした。

クァンタム・オブ・ザ・シーズは平成 27 年 6 月から寄港しており、早急な整備が必要であったことから、整備工程を検討し、平成 29 年 3 月までに整備することとした。

2. 2. 2 オアシス・オブ・ザ・シーズ受入整備計画

オアシス・オブ・ザ・シーズを係船させるためには 10.3m の水深が必要であるのに対し、

既設岸壁の水深は 10m であり、水深が不足する。

よって、既設岸壁を増深するための改良が必要となるが、既設岸壁は L 型塊式の構造であり、L 型塊を撤去して新たな構造物を設置するとなると大規模改良になり、年間 250 隻以上が利用している既設岸壁で利用を止めて増深改良することは不可能と判断した。

オアシス・オブ・ザ・シーズが係留するために必要な岸壁延長は 410m であるのに対し、既設岸壁から 330m は港湾計画において岸壁の計画があることから、岸壁を最大限 330m 延伸することにし、不足する延長については、沖側に係船ドルフィンを設置し、対応することとした。

オアシス・オブ・ザ・シーズは平成 30 年より配船が予定されていることを踏まえ工程を検討した結果、平成 30 年夏頃までに整備する計画とした。

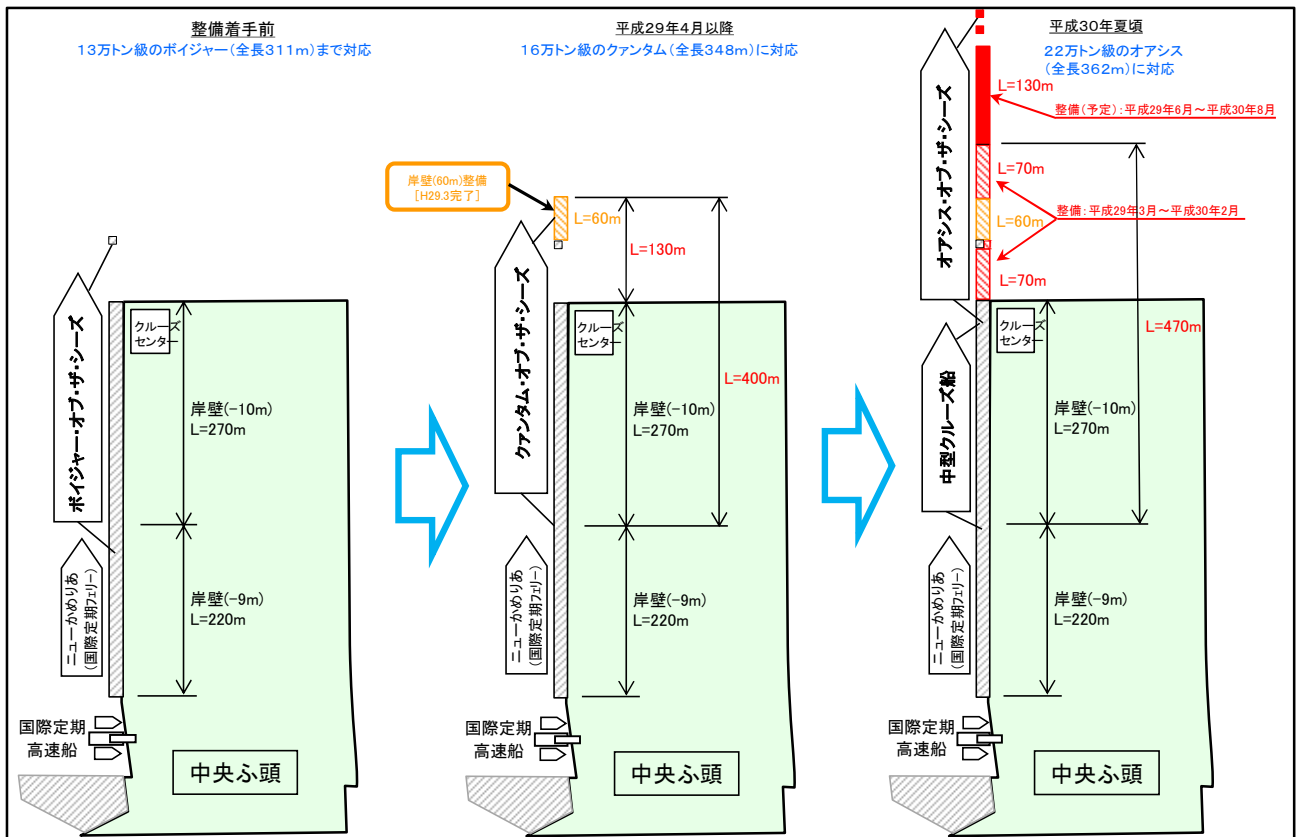


図1 中央ふ頭におけるクルーズ船受入整備

3. クルーズ船受入施設の構造物設計

3. 1 設計条件

3. 1. 1 施工制約条件

- 平成 28 年 7 月着工とし、平成 29 年 3 月までに既設係船ドルフィンの沖側に延長 60m の構造物を設置し、クアンタム・オブ・ザ・シーズの受入ができるようにする。
- 更に平成 30 年夏頃までに岸壁延伸 330m 及び係船ドルフィンを完成させ、オアシス・オブ・ザ・シーズが係留できる状態にする。
- 既設岸壁に係留するクルーズ船に極力影響を与えない工法を採用する。

3. 1. 2 土質条件

- ・ 構造物設置水深 12m に対し、水深 15m～18m 以深は N 値 50 以上の風化岩であり、その上に砂礫層、砂層がある地層であり、軟弱な土質ではない。

3. 1. 3 設計断面の検討

埋立免許が必要な構造物の場合、埋立免許取得に時間を要し、平成 29 年 3 月までのクァンタム・オブ・ザ・シーズの受入整備の完了及び平成 30 年夏頃までのオアシス・オブ・ザ・シーズ受入整備完了に間に合わないことから、重力式構造物は検討から除外した。

最終的に直杭式栈橋式とジャケット式栈橋について比較した結果、直杭式栈橋は、鋼管杭打設本数が多く、鋼管杭打設日数が長くなり、工期制約が守れないことから、ジャケット式栈橋を採用することとした。

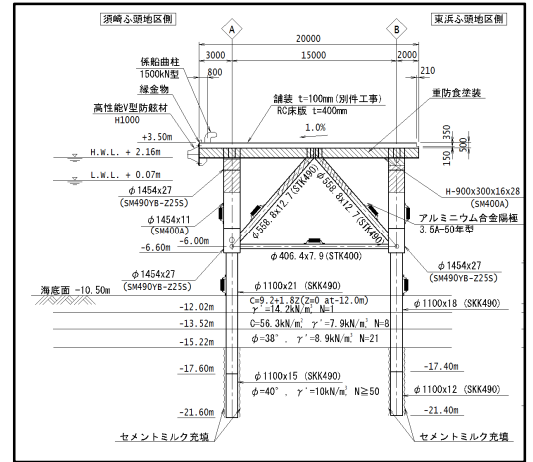


図 2 標準断面図

3. 2 二軸同軸アースオーガーセメントミルク注入工法杭の支持力確認について

3. 2. 1 試験の目的

本岸壁の鋼管杭は換算 N 値 50～375 の風化岩の支持層に 8m 程度根入れする必要があることから、確実に施工可能な二軸同軸アースオーガーで打設した後、支持力を確保するため支持層部にセメントミルクを注入して杭と地盤を一体化することとした。

しかし、この施工法による支持力推定法が確立していないことから、急速載荷試験により支持力の確認を行う必要が生じた。

3. 2. 2 設計概要

設計は道路橋示方書に示されている類似工法の中掘り工法先端セメントミルク噴出攪拌方式を参考に式 (1) により求めることとした。

$$R_u = 200N A_p + \sum r_{fki} A_{si} \dots (1)$$

ここに R_u : 杭軸方向抵抗力の特性値 (kN)、 N : 支持層の N 値 (≤ 50)、 A_p : 杭の閉塞面積 (m^2)、 r_{fki} : i 層の平均周面抵抗力度 (kN/m^2) 砂質土 = $2N_i$ (≤ 100)、粘性土 = $0.8C_a$ or $8N_i$ (≤ 100) C_a : i 層の杭の平均付着度 (kN/m^2)、 N_i : i 層の杭の平均 N 値、 A_{si} : i 層の杭の周面積 (m^2)

この式で求めた抵抗力の許容値と作用値を照査した結果を表 2 に示す。

表 2 支持力照査結果

通	荷重ケース	作用値 (kN)	許容値 (kN)
A	接岸時	3,864	5,117
	牽引時	4,603	5,117
	L1地震時	3,126	8,442
B	接岸時	4,325	5,117
	牽引時	3,698	5,117
	L1地震時	2,900	8,442

3. 2. 3 急速載荷試験の概要

本施工で採用した工法は支持力推定方法が確立していない工法であることから急速載荷試験（軟クッション重錘落下方式：30t 重錘）により支持力を確認した。

載荷試験の計画荷重は発生最大軸力 4,603kN×部分係数 1/0.4=12,000kN とした。また、地盤の杭周面抵抗力を確認するため地層の境界位置の標高 FL-12.55m(2断面)、FL-13.65m(3断面)と杭先端より上方 1.1m(杭先端)の3断面にゲージを貼って実施した。

3. 2. 4 試験結果

平成 28 年 12 月 15 日に実施した試験結果を表 3 に示す。

試験による杭頭での最大荷重は 13,221kN、最大変位は 31 mm、累積残留変位量は 0 mmであった。

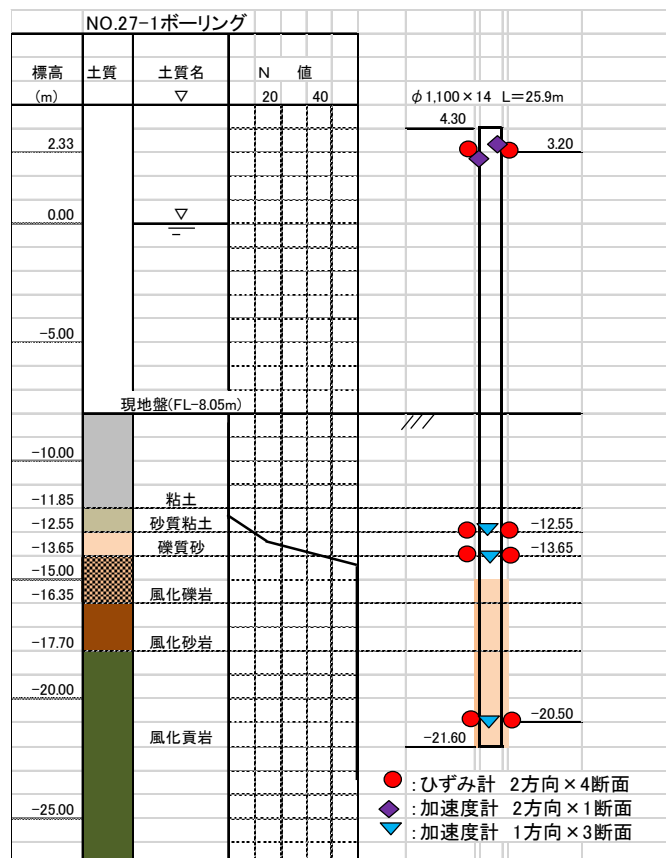


図 3 地盤条件及び根入れ長

表3 計測荷重・変位

重錘 落下高(m)	最大荷重(kN)				変位(mm)			
	杭頭	2断面	3断面	杭先端	杭頭	2断面	3断面	杭先端
0.6	5,787	4,727	4,045	1,097	12	5	3	2
1.2	9,145	7,359	6,306	1,781	18	8	7	3
1.8	12,089	9,812	8,478	2,667	25	12	10	5
2.1	13,221	12,500	10,256	3,453	31	21	16	6

急速載荷試験結果の解析は「地盤工学会基準 杭の急速載荷試験方法（JIS1811-2002）」に基づき除荷点法で解析するが、式(2)の除荷点法の解析により地盤抵抗力を求めた結果を表 4 に示す。

$$R_{siol} = Frapid - M \times \alpha \quad \dots \dots (2)$$

ここに R_{siol} : 地盤抵抗力、F_{rapid} : 各断面最大荷重、M : 各断面の杭の質量、α : 各断面の加速度

表4 除荷点法による地盤抵抗力解析結果

重錘 落下高(m)	地盤抵抗力(kN)			
	杭頭	2断面	3断面	杭先端
0.6	6,087	4,796	3,980	948
1.2	10,056	7,397	6,338	1,611
1.8	13,382	10,000	8,552	2,244
2.1	14,467	12,736	10,331	3,071

杭の最大抵抗力は 14,467kN であり、目標値の 12,000kN 以上の耐力を示した。

また、杭の実測周面抵抗力度を求めたものを表 5 に示すが、設計では、砂質土 2N(≤100)、

粘性土 0.8C (≦100) で設計されているのに対し、実測値は設計の 3~10 倍の値であった。

表5 実測最大周面抵抗力度

土質名	深度 (m)	層厚 (m)	N値 C値	設計周面 抵抗力度 (kN/m ²)	実測周面 抵抗力度 (kN/m ²)	備考
	-10.5					海底面
粘土	-12.6	2.1	56	45	466	2断面
砂質土	-13.7	1.1	31	62	633	3断面
風化岩	-20.5	6.8	50	100	309	先端

本施工条件において、杭最大抵抗力は 14,467kN と目標値の 12,000kN 以上の耐力を示したこと、周面摩擦抵抗力も設計値（砂質土=2N、粘性土=0.8C）の 3~10 倍の値を示し、大きな摩擦力を発揮することが確認できたことから、本施工条件においての設計に問題ないことが確認できた。

4. 施工上の課題及び対応

海上保安部等関係者と調整した結果、船舶航行安全上の施工制約は以下のとおり。

- ・ 中央ふ頭 5 号岸壁船舶入出港時は鋼管杭打設、床版据付の作業は一時中断し岸壁法線より 100m 以上後退退避。
- ・ 鋼管杭打設時の作業船アンカーは岸壁法線から航路側 25m 以内に収める。
- ・ ジャケット据付時は中央ふ頭 5 号岸壁クルーズ船の入出港のない日に実施。

施工においては、ほぼ毎日入港するクルーズ船の入出港時間を確認したうえで工程計画を策定する必要がある。

特にジャケット据付は波浪、風の影響が大きく受けることから、荒天時の施工ができないうえに、クルーズ船が入港しない日にしか施工ができず、施工可能日が限られ、I 期工事においては荒天により 2 回施工が見送られたが、1 月 19 日に据付けが完了した。

5. 終わりに

平成 29 年 3 月に I 期施工が完了し、5 月 3 日にクァンタム・オブ・ザ・シーズは中央ふ頭に入港した。

平成 29 年度から次の段階であるオアシス・オブ・ザ・シーズ受入のための工事に着手したところであるが、政府の方針でもある訪日クルーズ旅客の増大、観光産業の成長戦略化を背景として、平成 30 年 8 月の工事完了を求められていることから、完成時期が遅れることがないように、工程管理、安全管理を徹底するとともに、より品質の高い整備を進めていくこととしたい。