

1. はじめに

世界経済のグローバル化の進展に伴い、企業の調達・生産・販売活動も国境を越えて広く展開されており、海外との貿易が重要性を増している。このため、国際海上コンテナ輸送が、梱包や荷役などが容易で、確実かつ安全な輸送ができるという輸送の利便性などにより大きく進展している。その輸送に関わるコンテナ船の大型化も進展している。世界では100,000DWT級を超える超大型コンテナ船の就航が進み、対応する超大型のコンテナターミナルの整備が釜山新港、ロッテルダム港等世界各地で進められている。我が国港湾の国際競争力の強化を図るためには、これらコンテナ船の大型化の動向に対応した港湾の整備を行う必要がある。対象船舶の大型化の動向、ターミナルにおけるコンテナ貨物の荷役・貨物取扱いの動向等を適切に考慮した国際海上コンテナターミナルの設計を行う必要がある。

一方、我が国の港湾の技術基準解説¹⁾には超大型コンテナ船による係留施設への作用は明示されていないので、これら海外でのターミナルの整備状況の代表例を整理することにより、超大型のコンテナターミナルの諸元について分析し、示す必要がある。

そこで、特に大型化が進行している大水深の国際海上コンテナターミナルの設計条件に関して、大型コンテナ船の動向、世界の主要港湾における大型コンテナターミナルの整備や貨物取扱いの動向等の資料収集整理を行い、設計条件動向のとりまとめを行うことにより、わが国の大型コンテナターミナル整備に際しての設計条件設定の際の基礎資料とするものである。

本分析では、100,000DWT級を超える超大型コンテナ船の就航するコンテナターミナルについて、施設の状況、設計条件等に関する分析を行う。

以下、2章では、船舶の大型化の動向などについて述べる。

3章では、具体的に6つのコンテナターミナルについて分析した結果を述べる。

4章では、大型のコンテナターミナルについて設計に及ぼす影響について分析した結果を述べる。

5章では、海外において、港湾施設を整備する際に採用されている設計標準、技術基準等の基準類について比較検討を行う。

2. 世界のコンテナターミナルとコンテナ船の動向

2.1 就航動向

コンテナ船の大型化は大きく進展しており、既に約260隻の超大型コンテナ船(8,000TEU積み以上)が就航している。今後も、約200隻が建造予定であり、輸送コスト削減に向けて、船型のさらなる大型化が進展していくことが予想される。現在、就航中又は竣工予定のコンテナ船の最大積載個数は、2010年1月現在14,000TEUである(表 2-1参照)。このような10万DWT超の超大型のコンテナ船(全長350m超、満載喫水14.7m超、積載可能コンテナ個数7,700TEU超)に対する技術基準の解説に、標準値は明示されていない。参考としてコンテナ船の主要諸元が示されているのみである。

表 2-1 コンテナ船の各諸元の最大値

積載個数	14,000 TEU
全長	397.7m
幅	56.4m (甲板上22列積み)
深さ	30.2m (船倉内11段積み)
喫水	16.0m
載貨トン数	165,300トン
速力	27.5ノット
竣工の最後	2013年6月

一方、世界の主要な運河や海峡の幅や水深等は、コンテナ船の船型大型化の制約条件であり、主要運河等の拡張、増深等の整備の進展は、世界の大型コンテナ船の建造動向に大きく影響する。大型コンテナ船の建造動向に及ぼす影響が大きいと考えられるパナマ運河、スエズ運河及びマラッカ海峡を通航可能な最大船型は表 2-2に示すとおりであり、これらがpanamax, suezmax, 及びmalaccamaxといった船型分類の基準とされている。

特にコンテナ船への影響の大きいパナマ運河については、現在、通航容量と通航可能最大船型を増大させるため、第三閘門群建設計画が進められている。新閘門は長さ427m、幅55m、水深-18.3mである。新閘門は現行の機関車式ではなく、タグボート式である。

2.2 パナマ運河の通行可能性

パナマ運河の拡張工事は2014年竣工予定である。大型コンテナ船の船型は、既に新パナマックスの影響を強く受けていて、拡張後には、12,000TEU型以下の船型(幅19列、喫水15mが上限)のコンテナ船は同運河を航行可能となるが、今後も、同運河を通行可能となる超大型船が多数建造予定である。

超大型船の70% (297隻) が通行可能になり (図 2-1 参照), さらに喫水調整により, 86%, 367隻が通行可能となり得る (図 2-2参照).

2.3 大型コンテナ船の寄港数と岸壁最大水深

超大型船の航路と寄港数は, 8,000TEU以上で全世界49港239航路, 10,000TEU以上で17港16.4航路である.

2008年のコンテナ取扱上位100港への8,000TEU積み以上の大型コンテナ船の寄航状況を表2-3に示す. 寄航データの整理は2008年8月のMDS Transmodal社のデータベースを使用した. コンテナ取扱上位19位以上の港湾については, 全港に8,000TEU積み以上の大型コンテナ船が就航している.

大型岸壁の整備状況について, 以下に整理する. 図 2-3には, コンテナ取扱上位100港におけるコンテナターミナルの岸壁最大水深を示す. また, 表 2-4は, これらの港における大水深岸壁の一覧を示し, 最大水深16m以上の岸壁を有する港を着色した. これらを, 大水深岸壁と大型コンテナ船の寄港状況の関係として表 2-5に示す. また, 水深-16mより深い岸壁を抽出すると, 図 2-4に示すようになり, 8,000TEU以上の大型船が寄港しないターミナルにも-16m以深の岸壁が見られる.

2.4 世界の主要メガターミナルオペレーターの進出動向

2008年のコンテナ取扱量上位100港について, 世界の四大ターミナルオペレーターである Hutchison Port Holdings (HPH), APM Terminals, PSA International及び

DP Worldの進出状況を整理する. これら各社の世界ランキングは表 2-6に示すとおりである. なお, 四大ターミナルオペレーターが2008年に取扱ったコンテナ貨物量は, 世界の総コンテナ貨物量の45.6%に上り, 前年よりも0.5%シェアを増大させている. 四大オペレーターに続くオペレーターとしては, COSCO, Evergreen, MSC などがあるが, 持株按分取扱量 (運営に関与する各ターミナルの取扱貨物量に当該ターミナルにおける持株比率を乗じた値の総和) で第5位のCOSCOは第4位のDPWの取扱量の約三分の一である.

上位100港のうち, 2008年に四大オペレーターによるコンテナ取扱があった港湾は58港である. 四大ターミナルオペレーターが2008年に取扱ったコンテナ貨物量は, 世界の総コンテナ貨物量の45.6%に上る. 四大ターミナルオペレータは, 主に大型船が寄港する港湾に進出が見られる.

図 2-5に, 各港における総コンテナ貨物量に占める各オペレーターの取扱貨物量 (持株按分) の割合を示す.

なお, 前述のとおりPSAはHPHの株式の20%を保有しているが, 図 2-5はこの影響を除外して表示したものである.

表 2-2 主要運河等の通航最大船型

(単位: m)

運河・海峡名	喫水 (m)	幅 (m)	全長 (km)	Air draft (m)	備考
パナマ運河 (現状)	12.04	32.31	294.13	57.91	
パナマ運河 (拡張後)	15.24	48.77	365.76	57.91	
スエズ運河	18.89～ 12.19	49.98～ 78.18※		68	船舶の長軸方向に直交する没水断面積の制限あり
マラッカ海峡	20			-	フィリップ水道 (幅約600m)

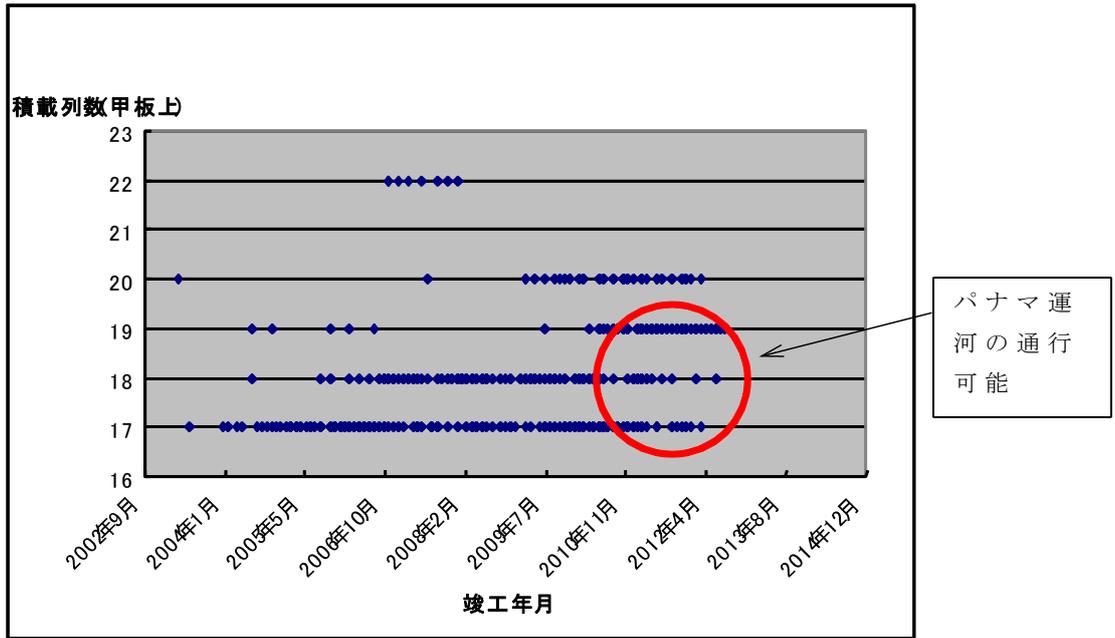


図 2-1 コンテナ船の船幅と竣工年月

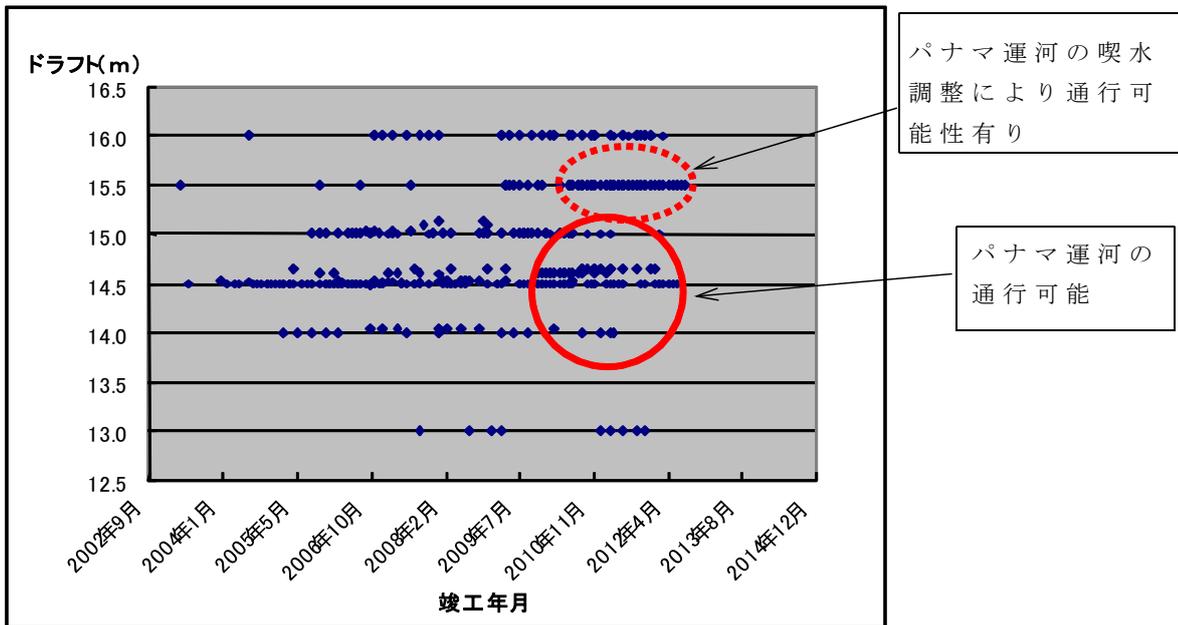
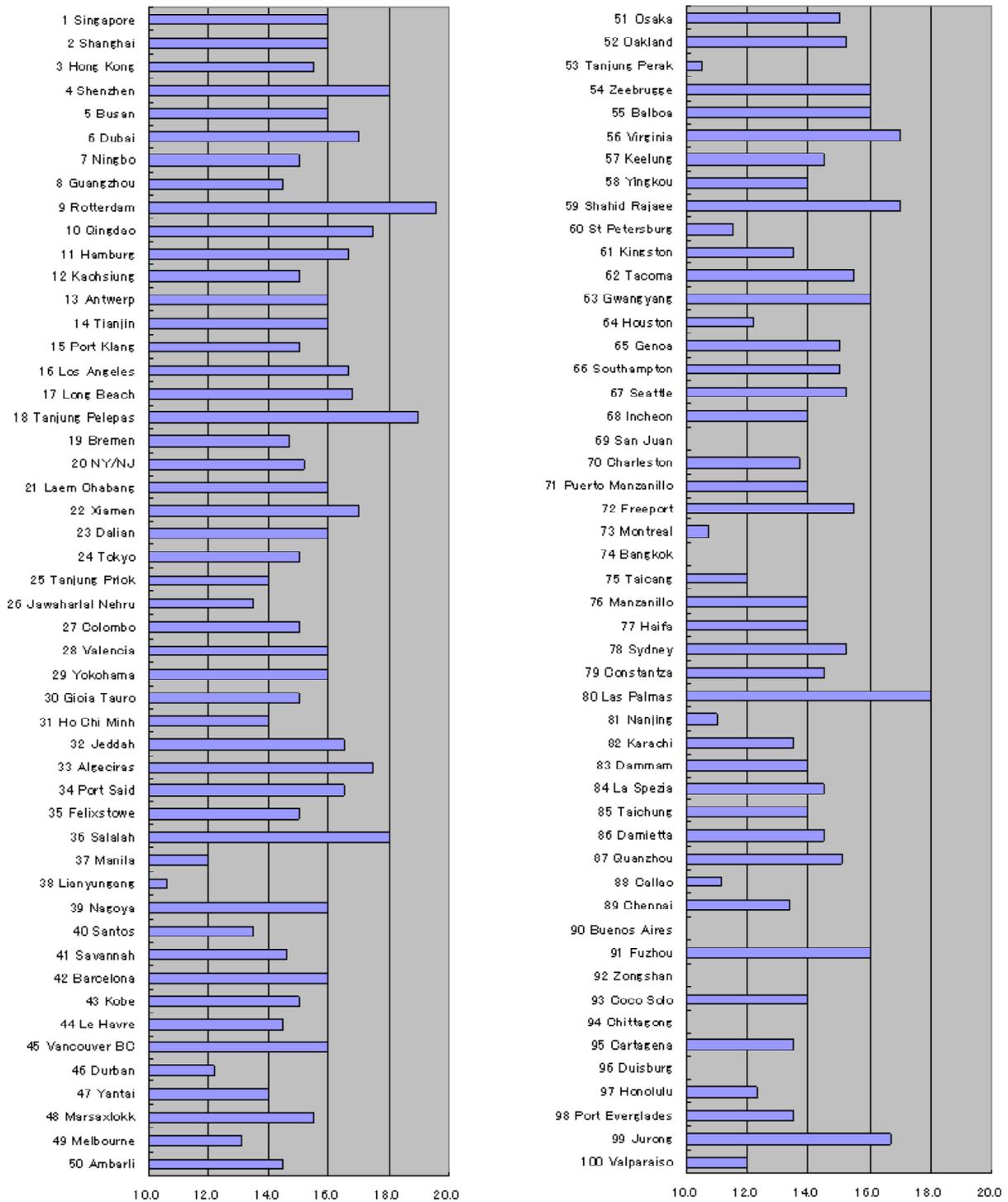


図 2-2 コンテナ船のドラフトと竣工年月

表 2-3 コンテナ取扱上位100港への大型コンテナ船寄港状況

2008年 コンテナ取 扱 ランキング	港名	大型コンテナ船 週当たり寄航数	
		8000TEU 以上	10000TEU 以上
1	Singapore	19.3	1.6
2	Shanghai	16.8	
3	Hong Kong	19.9	1.8
4	Shenzhen	28.2	2.2
5	Busan	5.4	
6	Dubai	2.3	
7	Ningbo	14.6	1.1
8	Guangzhou	3.8	0.7
9	Rotterdam	12.6	1.6
10	Qingdao	3.4	0.4
11	Hamburg	11.9	0.7
12	Kaohsiung	6.5	
13	Antwerp	5.4	0.3
14	Tianjin	7.2	0.4
15	Port Klang	6.1	
16	Los Angeles	0.6	
17	Long Beach	3.2	
18	Tanjung Pelepas	4.7	0.9
19	Bremen	2.9	0.9
20	NY/NJ		
21	Laem Chabang		
22	Xiamen	5.5	0.3
23	Dalian	5.5	0.4
24	Tokyo		
25	Tanjung Priok		
26	Jawaharlal Nehru		
27	Colombo	0.6	
28	Valencia	3.4	
29	Yokohama	0.8	
30	Gioia Tauro	2.1	
31	Ho Chi Minh		
32	Jeddah	3.5	
33	Algeciras	2.5	1.8
34	Port Said	1.8	
35	Felixstowe	4.2	0.4
36	Salalah	2.5	
37	Manila		
38	Lianyungang		
39	Nagoya	0.6	
40	Santos		
41	Savannah		
42	Barcelona	1.0	
43	Kobe	0.6	
44	Le Havre	4.2	
45	Vancouver BC		
46	Durban		
47	Yantai		
48	Marsaxlokk	0.9	
49	Melbourne		
50	Ambarli		

2008年 コンテナ取 扱 ランキング	港名	大型コンテナ船 週当たり寄航数	
		8000TEU 以上	10000TEU 以上
51	Osaka		
52	Oakland	2.8	
53	Tanjung Perak		
54	Zeebrugge	3.9	
55	Balboa		
56	Virginia		
57	Keelung		
58	Yingkou		
59	Shahid Rajaee		
60	St Petersburg		
61	Kingston		
62	Tacoma		
63	Gwangyang	0.2	
64	Houston		
65	Genoa		
66	Southampton	3.6	
67	Seattle		
68	Incheon		
69	San Juan		
70	Charleston		
71	Puerto Manzanillo		
72	Freeport		
73	Montreal		
74	Bangkok		
75	Taicang		
76	Manzanillo		
77	Haifa		
78	Sydney		
79	Constantza		
80	Las Palmas		
81	Nanjing		
82	Karachi		
83	Dammam		
84	La Spezia	1.0	
85	Taichung		
86	Damietta		
87	Quanzhou		
88	Callao		
89	Chennai		
90	Buenos Aires		
91	Fuzhou		
92	Zhongshan		
93	Coco Solo		
94	Chittagong		
95	Cartagena		
96	Duisburg		
97	Honolulu		
98	Port Everglades		
99	Jurong		
100	Valparaiso		



※最大水深が10m以下の港はグラフの表記がない。

図 2-3 コンテナ取扱上位100港におけるコンテナターミナルの岸壁最大水深²⁾ (単位 : m)

表 2-4 最大水深16m以上のコンテナターミナル①

2008年 コンテナ ランキング	港名	コンテナ 岸壁 最大水深 (m)	水深16m以上のコンテナターミナル			
			ターミナル名	水深(m)	バー ス数	延長 (m)
1	Singapore	16.0	Pasir Panjang Terminal (Phase-I/II)	16	17	5,781
2	Shanghai	16.0	Yangshan Deepwater Port	16	9	3,000
3	Hong Kong	15.5				
4	Shenzhen	18.0	YANTIAN Container Terminal berth 10 -	16	4	1,400
			SHEKOU Container Terminal	16-18	5	1,900
			CHIWAN Container Terminal	15-16	3	1,060
5	Busan	16.0	Pusan New Port (Phase1-1&1-2)	16	6	2,100
			Shinsundae Container Terminal	15-16	5	1,500
6	Dubai	17.0	Jebel Ali Terminal 1	17	3	-
				16	2	-
			Jebel Ali Terminal 2	17	4	1,600
7	Ningbo	15.0				
8	Guangzhou	14.5				
9	Rotterdam	19.6	APM Terminals Rotterdam	16.65	4	1,600
			ECT Delta Terminal	15.9-16.65	9	3,600
			ECT Euromax Terminal	19.6	3	1,500
10	Qingdao	17.5	Berth45/46/47/48/52	10.5-17.5	5	2,600
			Qianwan Container Terminal	14.5-17.5	8	2,500
11	Hamburg	16.7	Container -Terminal Altonwerder	16.7	4	1,400
			Eurogate Container Terminal	16.7	7	2,050
			HHLA Container Terminal Burchardkai	9.4-16.5	10	2,850
12	Kaohsiung	15.0				
13	Antwerp	16.0	Antwerp Gateway Deurganck Dock Berths 1700-1718	16	6	2,470
			MSC Home Terminal 702-738	16	8	2,900
14	Tianjin	16.0	Tianjin Port Container Terminal	16	3	825
			Tianjin Port Alliance International Container Terminal	16	4	1,100
			Tianjin Port Pacific International Container Terminal	16	6	2,300
15	Port Klang	15.0				
16	Los Angeles	16.8	APM Terminal/Pier 400	16.7	6	2,191
			TraPac Terminal	10.7-16.2	5	1,234
17	Long Beach	16.8	ITS Terminal-Pier J	13-16	5	1,920
			Pier T Terminal	16.8	4	1,524
18	Tanjung Pelepas	19.0	Phase2	17-19	4	1,440
19	Bremen/Bremerhaven	14.7				
20	New York/New Jersey	15.8				
21	Laem Chabang	16.0	HLT Terminal C1/C2	16	6	1,200
			LCIT Terminal E5/C3	16	1	500
22	Xiamen	17.0	Songyu Phase I Container Terminal	17	3	1,246
23	Dalian	16.0	Dalian Port Container Terminal	13.5-16	4	1,380
24	Tokyo	15.0				
25	Tanjung Priok	14.0				
26	Jawaharlal Nehru	13.5				
27	Colombo	15.0				
28	Valencia	16.0	Valencia Public Container Terminal	16	4	1,780
29	Yokohama	16.0	Terminal MC-1 2	16	2	700
30	Gioia Tauro	15.0				
31	Ho Chi Minh	14.0				
32	Jeddah	16.5	Southern Container Terminal	16.5	4	1,500
33	Algeciras	17.5	APM Terminals	17m	5	2,062
			Outer Isla Verde(Phase I,II,III)	16.5	2	535
				17.5	2	660
				18.5	3	969
34	Port Said	16.5	Suez Canal Container Terminal	16.5	4	1,200
35	Felixstowe	15.0				
36	Salalah	18.0	Container Terminal	16	4	1,236
			Container Terminal	18	2	970
37	Manila	12.0				
38	Lianyungang	10.6				
39	Nagoya	16.0	Tobishima Pier South Side Terminal	16	2	750
40	Santos	13.5				
41	Savannah	14.6				
42	Barcelona	16.0	Terminal Muelle Sur	12-16	2	1,380

表 2-4 最大水深16m以上のコンテナターミナル②

2008年 コンテナ ランキング	港名	コンテナ 岸壁 最大水深 (m)	水深16m以上のコンテナターミナル			
			ターミナル名	水深(m)	バー ス数	延長 (m)
43	Kobe	15.0				
44	Le Havre	14.5				
45	Vancouver BC	16.0	Centerm	16	2	644
46	Durban	12.2				
47	Yantai	14.0				
48	Marsaxlokk	15.5				
49	Melbourne	13.1				
50	Ambarli	14.5				
51	Osaka	15.0				
52	Oakland	15.2				
53	Tanjung Perak	10.5				
54	Zeebrugge	16.0	APM Terminals Zeebrugge	16	2	900
			Flanders Cold Centre	16	3	1,180
55	Balboa	16.0	Pier 16,17	16	3	970
56	Virginia	17.0	APM Terminal Virginia	15-17m	2	977
57	Keelung	14.5				
58	Yingkou	14.0				
59	Shahid Rajaei	17.0	Shahid Rajaei Container Terminal 2	17	2	850
60	St Petersburg	11.5				
61	Kingston	13.5				
62	Tacoma	15.5				
63	Gwangyang	16.0	Dongbu Gwangyang Container Terminal	16	1	350
			Hutchison Gwangyang Container Terminal	16	1	350
			Korea International Terminals (Phase II-1)	16	1	350
			Korea International Terminals (Phase II-2)	16	2	1,150
			Phase III-1	16	4	1,400
64	Houston	12.2				
65	Genoa	15.0				
66	Southampton	15.0				
67	Seattle	15.2				
68	Incheon	14.0				
69	San Juan	9.1				
70	Charleston	13.7				
71	Puerto Marzanillo	14.0				
72	Freeport	15.5				
73	Montreal	10.7				
74	Bangkok	9.0				
75	Taicang	12.0				
76	Manzanillo	14.0				
77	Haifa	14.0				
78	Sydney	15.2				
79	Constantza	14.5				
80	Las Palmas	18.0	Leon y Castillo Dock	11-18m	4	1,790
81	Nanjing	11.0				
82	Karachi	13.5				
83	Dammam	14.0				
84	La Spezia	14.5				
85	Taichung	14.0				
86	Damietta	14.5				
87	Quanzhou	15.1				
88	Callao	11.1				
89	Chennai	13.4				
90	Buenos Aires	10.0				
91	Fuzhou	16.0	Fuzhou International Container Terminal	14-16m	3	983
92	Zongshan					
93	Coco Solo	14.0				
94	Chittagong	8.5				
95	Cartagena	13.5				
96	Duisburg					
97	Honolulu	12.3				
98	Port Everglades	13.5				
99	Jurong	16.7	Container Terminal	16.7	3	900
100	Valparaiso	12.0				

表 2-5 大水深岸壁と大型コンテナ船の寄港数の関係

2008年コンテナ取扱ランキング	港名	岸壁最大水深	大型コンテナ船週当たり寄港数		2008年コンテナ取扱ランキング	港名	岸壁最大水深	大型コンテナ船週当たり寄港数	
			8000TEU以上	10000TEU以上				8000TEU以上	10000TEU以上
1	シンガポール	16.0	19.3	1.6	23	大連 Dalian	16.0	5.5	0.4
2	上海	16.0	16.8		27	コロンボ	15.0	0.6	
3	香港 HongKong	15.5	19.9	1.8	28	バレンシア	16.0	3.4	
4	深セン Shenzhen	18.0	28.2	2.2	29	横浜	16.0	0.8	
5	釜山	18.0	5.4		30	ジョイアタウロ	15.0	2.1	
6	ドバイ	17.0	2.3		32	ジェッダ	16.5	3.5	
7	寧波 Ningbo	15.0	14.6	1.1	33	アルベシラス	17.5	2.5	1.8
8	広州 Guangzhou		3.8	0.7	34	ポートサイド Port Said		1.8	
9	ロッテルダム	14.5	12.6	1.6	35	フェリックストー	16.5	4.2	0.4
10	青島	17.5	3.4	0.4	36	サラール	18.0	2.5	
11	ハンブルク	16.7	11.9	0.7	39	名古屋	16.0	0.6	
12	高雄 Kaohsiung	15.0	6.5		42	バルセロナ	16.0	1	
13	アントワープ Antwerp	17.0	5.4	0.3	43	神戸	16.0	0.6	
14	天津 Tianjin	16.0	7.2	0.4	44	ルアーブル	14.5	4.2	
15	ポートクラン		6.1		48	マルサスロック		0.9	
16	ロサンゼルス	15.0	0.6			Marsaxlokk	15.5		
17	ロングビーチ	16.8	3.2		52	オークランド	15.2	2.8	
18	タンジュンペラパス	16.8	4.7	0.9	54	ゼブルージュ	16.0	3.9	
19	ブレーメン	19.0	2.9	0.9	63	光陽 Gwangyang	16.0	0.2	
22	廈門 Xiamen	14.7	5.5	0.3	66	サザンプトン	15.0	3.6	
		17.0			84	La Spezia	14.5	1	

※8000TEUを超えるコンテナ船の寄港港が40港。うち、最大水深が16m以上が26港。最大水深17m以上のも、10港。

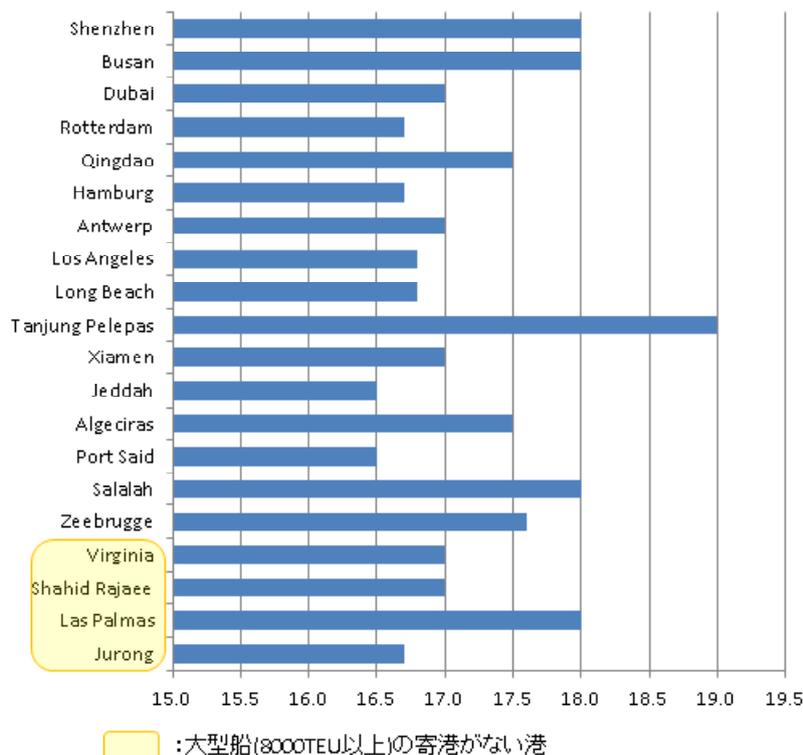
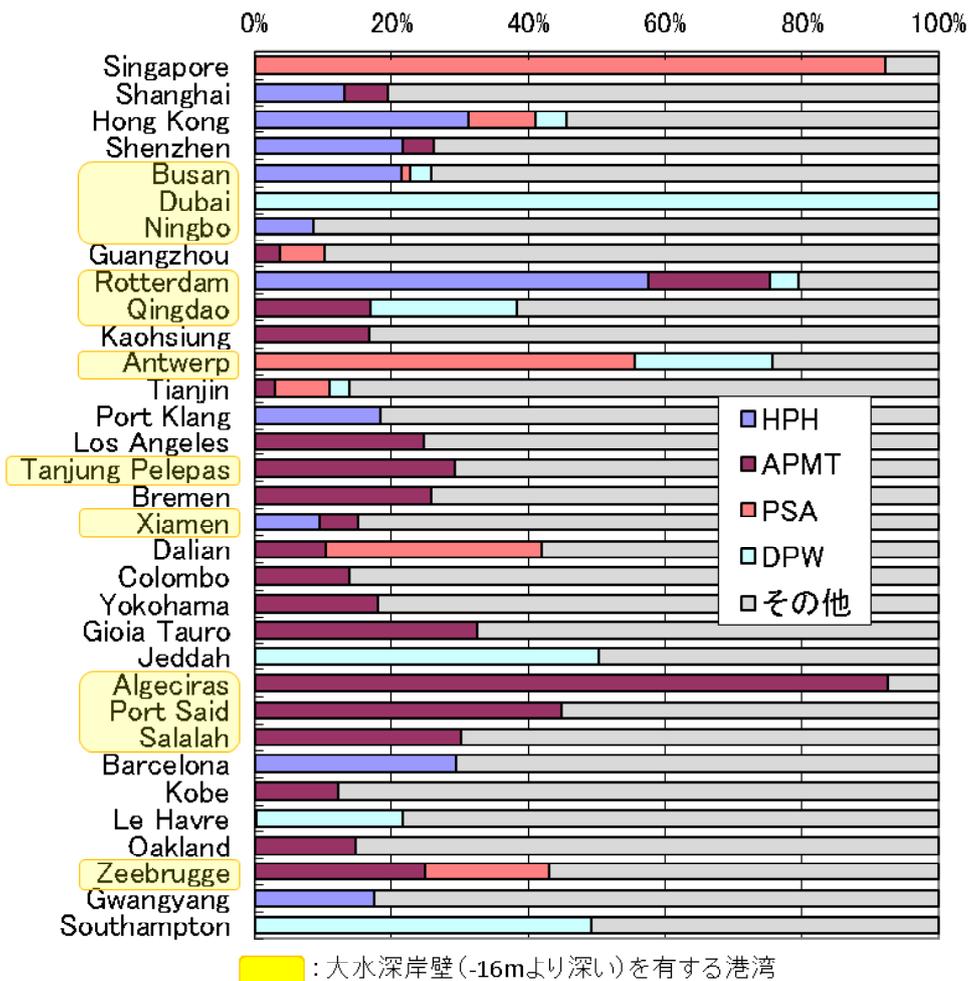


図 2-4 世界の超大型のコンテナターミナル

表 2-6 ターミナルオペレーターの世界ランキング (2008年)

	一位	二位	三位	四位
総取扱量	HPH	APMT	PSA	DPW
持株按分取扱量	PSA	HPH	APMT	DPW
ターミナル容量	APMT	HPH	PSA	DPW



(出典 :Drewry Annual Review of Global Container Terminal Operators 2009 をもとに作成)
 図 2-5 四大オペレーターによる世界各港の取り扱いシェア

3. 世界の主な超大型のコンテナターミナルの状況

世界の超大型船が寄港するコンテナターミナルとして、以下の6ターミナルについて、それぞれのターミナルの設計条件、岸壁構造等を述べる（表 3-1参照）。

- ①釜山新港コンテナターミナル(-18m)
- ②ロッテルダム港・ECTユーロマックス・ターミナル

(-16.65m, 完成時19.6m)

- ③アントワープ港・ゲートウェイ・ドゥルガンクドックターミナル(-17m)
- ④ゼーブルージュ港・APMターミナルズ (-17.6m, 現在暫定水深-16m)
- ⑤ロサンゼルス港・ピア400 (-16.8m, -55ft)
- ⑥ロングビーチ港・ピアT (-16.8m)

表 3-1 各コンテナターミナルの概要

ターミナル名	岸壁延長	最大水深	ターミナル面積	年間取扱量	オペレーター
釜山新港コンテナターミナル	1,100m	-18.0m	68.8ha	n/a	韓進海運
ロッテルダム港 ECT ユーロマックスターミナル	1,500m	-16.65m	84ha	n/a	ユーロマックス
アントワープ港 ゲートウェイ・ドゥルガンクドック・ターミナル	1,650m	-17.0m	126ha	109万 TEU (2008)	アントワープ・ゲートウェイ
ゼーブルージュ港 APM ターミナルズ	1,023m	-16.0m	48ha	51万 TEU (2008)	APM ターミナルズ ゼーブルージュ NV
ロサンゼルス港 ピア 400 APM ターミナルズ / ピア 400コンテナターミナル	2,192m	-16.8m	195.9ha	n/a	APM ターミナルズ
ロングビーチ港 ピア T トータル・ターミナルズ・インターナショナル(TTI) コンテナターミナル	1,524m	-16.8m	155.8ha	190万 TEU (2008)	トータル・ターミナルズ ・インターナショナル

3.1 釜山新港コンテナターミナル

3.1.1 コンテナターミナルの概要

釜山新港は、釜山北港（28バース）の慢性的な混雑状態を解消するため、釜山港より西約40kmの位置に計画され、現在、30バースを整備中である。すべてが稼動する2015年には、釜山港全体（釜山北港と釜山新港）の処理能力が2倍以上になる予定である。釜山新港は、海岸を浚渫、埋立てを行い、延長約10km、港湾用地約1,100万m²のコンテナ埠頭を建設するものである。

釜山新港の開発では、防波堤、航路浚渫、浚渫土投棄場護岸等の施設整備は、韓国政府（海洋水産部、港湾局）とKCTA（韓国コンテナ埠頭公団:Korea Container Terminal Authority）が行い、コンテナターミナルの埠頭・背後地造成は、民間事業者が行うBTO方式が採用されており、1995年より整備を開始している。

BTO方式で完成したコンテナターミナル施設は、土地を含め一旦政府に譲渡され、その後、開発事業者は無償貸与され、最大50年間の施設運営権が与えられる。釜山

新港開発のBTO事業に伴い、韓国大手重工業、建設会社、国際ターミナルオペレーター会社、KCTAのジョイントベンチャー会社である「釜山新港株式会社（Pusan Newport Co,Ltd.以下「PNC」）」が設立されている。

釜山新港では、現在10バース（フェーズ1-1が6バース、フェーズ1-2が3バース、フェーズ2-1が1バース）運営されており、2015年には合計30バースが供用される予定である。

この釜山新港北コンテナ埠頭フェーズ2-1（韓進新港湾ターミナル）は、バース水深は18m、総延長1,100m、3バース、ヤード奥行き600m、ヤードエリア66万1,736m²で総面積68万8,000m²、リーファーブラグ11,700unit、空バン蔵置8,140TEU、危険物蔵置1,120TEUである。

主な船社としては、CKYH Alliance（COSCO, Hanjin, K Line, Yang Ming）、韓進、Heung-A, KMTC, Pan Ocean が就航している。

3.1.2 岸壁仕様

- (1) 設計水深、延長

設計水深は、-18.0mで、岸壁延長は1,100mである。

(2) 構造

① 本体構造

岸壁は、RCケーソンによる構造となっており、標準断面図を図3-1に示す。

② 基礎構造

このフェーズ2-1岸壁では、地山を掘削し、浅瀬部分を浚渫して基礎マウンドを構築している。延長1,100m

では平面的に均一な土層になっておらず、ケーソンマウンド下で地盤改良している断面と改良していない断面が存在する。地盤改良している部分は、サンドコンパクションパイル工法を採用しており、砂杭直径φ2000mm改良率75%で砂杭を打設している。基礎マウンドの下端は、D.L.-24.5m、それ以下の部分が改良対象となっている。

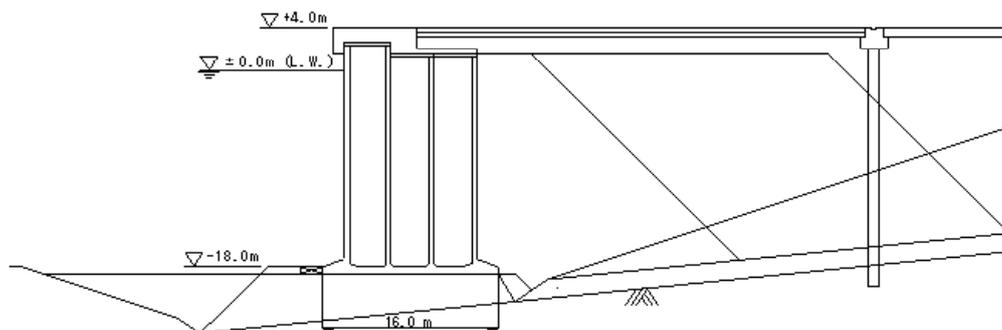


図3-1 標準断面図

③ ケーソンの構造上の特徴

前壁及び海側隔壁にスリットがあり、消波効果に期待する構造となっている（図3-2参照）。法線直角方向の端部壁は、ホゾ構造となっており、ケーソン自体のずれ止めと裏込め材の流出防止を考慮したものとなっている。

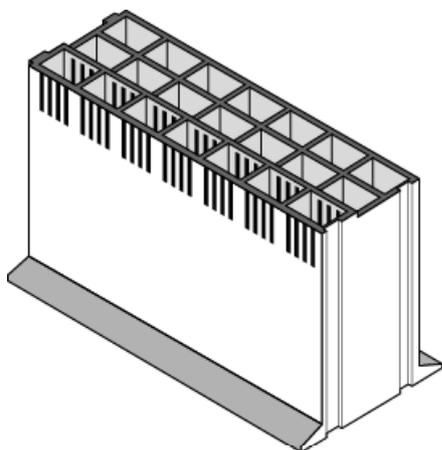


図3-2 ケーソンの構造

④ ケーソンの施工上の特徴

ケーソンの上部工を施工する前に、方塊ブロック（1m²換算で250kN/m²）を約1ヶ月間ケーソン上に仮置きする。仮置きすることにより、基礎マウンドの圧密を促進させて、上部工コンクリート打設後の不等沈下を少

なくするような工法で行っている。

ブロックサイズは様々であるが、載下高が約10m以上になるようにしており、250kN/m²の荷重を作用させている。

(3) 設計条件等

韓国では、様々な設計基準が確立されており、その基準に基づいて、本ターミナルの岸壁は、設計を実施している。主な設計基準を以下に示す。計画・設計基準については、国土海洋部の漁港・港湾の指針に基づいて実施されている。これらの基準は、韓国港湾協会により発行されている。

- ・港湾及び漁港設計基準（海洋水産部）
- ・港湾及び漁港公社 専門示方書（海洋水産部）
- ・漁港公社 標準仕方書（海洋水産部）
- ・コンクリート構造設計基準（韓国コンクリート学会）
- ・構造物基礎設計基準（建設交通部）
- ・コンクリート標準仕方書（韓国コンクリート学会）

以下にターミナルに設計条件を示す。

釜山新港フェーズ2-1では、基本設計で岸壁水深-16.0mで設計されていたが、船舶の大型化の動向から水深-18.0mに変更を実施設計段階で行った。

設計手法については、基本的には、許容応力度で実施しており限界状態での設計法での実績が少ない。

①設計条件

i) 潮位

H. H. W +D. L +2. 05

H. S. L +D. L +0. 95

L. L. W +D. L +0. 00

ii) 設計波浪

区分	波向 (m)	波高 (m)	周期 (sec)	再現頻度 (年)
常時	S	0.3	5.0	50
異常時	S	1.5	15.0	50

iii) 対象船舶及び諸元

船舶規模 : 140,000DWT(12,000TEU相当)

船 長 : 400.0 m

船 幅 : 50.0 m

満載喫水 : 17.0 m

接岸速度 : 12cm/sec

iv) 岸壁水深

D. L- 18.00m (岸壁天端+D. L+4. 00)

v) 荷重条件

a) コンテナ荷重

区分	20ft	40ft
最大重量	24.0	30.48
平均重量	14.4	17.10

b) 上載荷重

区分	エプロン部	CY部	その区域
常時	2.0	6.0	1.5
地震時	1.0	-	-

c) クレーン荷重

区分	海側 (tf)	陸側 (tf)	風速 (m/s)
作業時	103	80	75
暴風時	168	170	
地震時	119	93	

d) 接岸力

接岸速度12cm/sより、接岸エネルギーは163.23 tm

e) 牽引力 150tf

vi) 設計震度

本設計では、動的解析による地表面加速度を算定した結果、最大地盤加速度0.169gを得たため、安全を考慮して、0.17gを採用している。

等級	平均再現周期	設計地盤		適用
		岩盤	地表面	
1等級	1,000年	0.12g	0.17g	構造物及び土
2等級	500年	0.09g	0.12g	

viii) 摩擦係数

区分	コンクリート とコンクリート	コンクリートと 岩盤	コンクリート と砂	砂と砂
摩擦係数	0.5	0.5	0.6	0.8

ix) 必要安全係数

構造物の滑動、転倒、すべりの安定率

区分	常時	地震時		
		等価静的解析法	動的解析法	
安定	滑動	1.2	1.1	-
	転倒	1.2	1.1	1.2
円弧すべり		1.3(1.2)	1.1	1.2
偏心傾斜荷重		1.2	1.0	-

岸壁の仕様は、表 3-2のとおりである。

表 3-2 岸壁の仕様

項目	仕様			
設計水深(m)	-18.0			
計画水深(m)	-18.0			
岸壁延長(m)	1,100			
構造形式	直立消波ケーソン			
ケーソンの形状寸法	B(m)	H(m)	L(m)	数量
	12.0	20.6	34.4	
基礎	基礎砕石マウンド一部 S.C.P による地盤改良あり (φ2,000改良率71%)			

3.1.3 岸壁附帯施設

(1) 防舷材

本ターミナルでは、セル型防舷材 (1400H)を1カ所2ユニットを1セットとして、使用している。

直径 φ1,600mm

高さ H=1,400mm

配置ピッチ 16.5m
 対象船舶：140,000DWT(12,000TEU)
 接岸速度：12cm/s
 吸収エネルギー：1,597kJ(163tfm)

(2) 係船柱

係船柱のタイプ：曲柱
 係船柱の仕様：1,500kN (150t) 牽引力
 配置ピッチ：34.5m

(3) 接岸方式

接岸時は、タグボート2隻（1,500～2,500ps）で行っている。岸壁構造は、接岸速度12cm/sで設計されている。

3.1.4 ガントリークレーン

本ターミナルでの荷役作業では、コンテナヤード（以下CY）作業でのARMGC（Automated Rail Mounted Gantry Cranes：自動レール式ガントリークレーン）による水平式全自動ヤードシステムおよびRFIDシステムが導入されている。

ガントリークレーンの時間当たり積卸し貨物量

： 平均31個/h

取扱可能貨物量： 1,140,000TEU

本ターミナルでは、12基のガントリークレーンが稼働している。これらのガントリークレーンは、アウトリーチ 70m(23列対応型)で、12,000TEUのコンテナ船24列に

も対応可能である。韓国で初の40フィートコンテナ2本、20フィートコンテナ4本を同時荷役できるものである。コンテナの大きさ、個数に応じたクレーンの性能を表3-3に示す。

表3-3 クレーン性能

クレーン性能	定格荷重
シングル	50t
ツイン 20ft	65t
ツイン 40ft	80t
カーゴ・ビーム	100t

コンテナヤード作業については、奥行き600m×21ブロックに分けて、ARMGC 42基を導入し、21個のRFIDセンサーを配置し、無人遠隔操作によるヤードオペレーションを展開している。

ターミナルオペレーションは、コントロール室のオペレーターを12人配置し、各人が操作デスクで同時に6-7基のヤードクレーンを操作することも可能である。基本的には、ARMGCで自動的に行われるコンテナのトレーラーへの最終積み卸しをリモートコントロールもしくはサポートをしている。

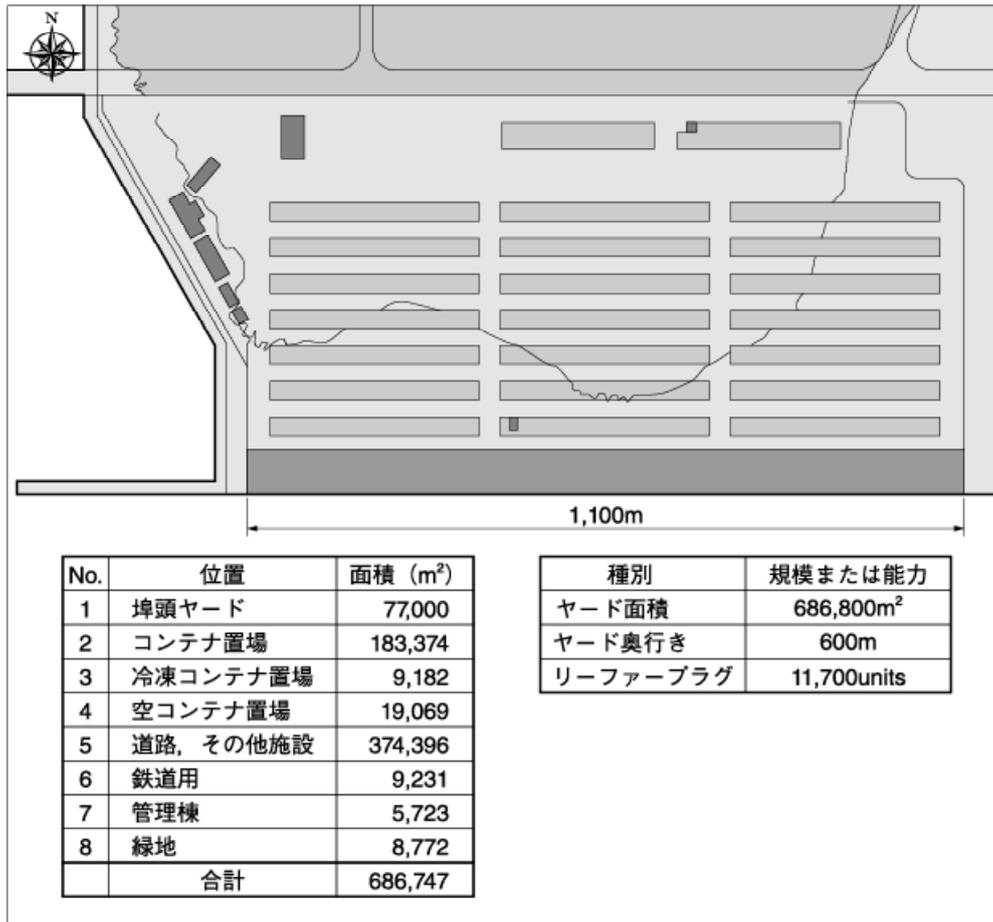


図 3-3 コンテナターミナルのレイアウト

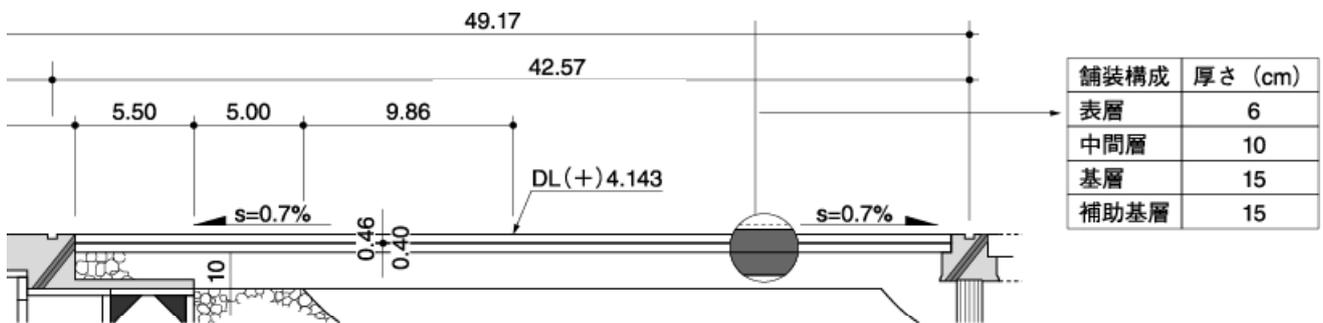


図 3-4 舗装断面

3.1.5 エプロン・マーシャリングヤード
 コンテナターミナルのレイアウトを図 3-3に示す。舗装断面を図 3-4 に示す。舗装構成は、表層6cm、中間層10cm、基層15cm、補助基層15cmとなっている。コンテナヤードでは、ARMGCの使用できない場所でのコンテナの移動には、リーチスタッカー（3台）が使用されている。ヤード内に21ヶ所設置されているRFID（電子タグ）セ

ンサーゲートにより、ヤードトレーラー・コンテナの位置情報がリアルタイムで把握できるシステムがある。

3.2 ロッテルダム港・ECTユーロマックス・ターミナル

3.2.1 コンテナターミナルの概要

(1) 整備・供用年

2009年より供用を開始したが、同年10月時点ではオ

ペレーションの無人化システムが未だ調整中であり，本格稼働に至っていない．ターミナルオペレーターである ECT Euromaxは，香港を拠点とする Hutchison Port Holdings (HPH) が51%の株を保有し，残りを船社アライアンスが保有している．

(2) 整備に関わる主体

航路，泊地，岸壁及び埋立等のインフラストラクチャー（下物）は，港湾公社（Port of Rotterdam Authority：民営化されているが，株は国及びロッテルダム市が100%保有している．）が整備し，ヤード舗装，荷役機械，管理棟等のスーパーストラクチャー（上物）は，借受者

である ECT Euromaxが整備した．

(3) 連続バースの利用状況

無人化システムが未だ調整中であり，本格稼働に至っていないが，本来的には1,500mの岸壁は一体的に利用される．

(4) 船社との関係

ターミナルオペレーターである ECT Euromaxの株を保有している船社アライアンス（CKHY）の構成員である COSCO，川崎汽船，韓進（HANJIN），陽明（YANG MING）が利用している．

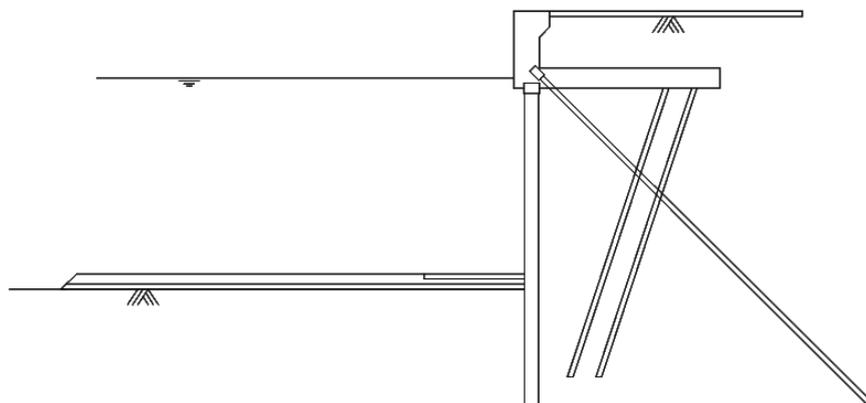


図3-5 岸壁構造断面図

3.2.2 岸壁仕様

計画・設計基準については，ユーロコードは細かく定めていないので，ヨーロッパの港湾では，各国あるいは港湾毎で細部を定めて設計している．

(1) 設計水深，延長

2009年10月現在で第1期まで完了しており，延長1,500m，水深-16.65m（対象船舶：13,500TEU. 将来的には，-19.65mまで増深可能．）である．段階整備計画によれば，第2期計画（300mの岸壁延長）が2010年に完了することとなっているが，無人化システムが未だ調整中であり，本格稼働に至っていないこと及び2008年9月に発生したリーマンショックを契機とする経済不況の影響があることから，第2期計画は延期されている．

(2) 構造

図3-5に岸壁構造断面図を示す．岸壁の基本構造は，直立の鉄筋コンクリート連壁（1.5m厚）に棚式の上部工を設け，連壁にかかる土圧を軽減させる構造（鉄筋コンクリート矢板（上部棚式））である．ターミナルの天端

高は，+5.0mである．

(3)設計条件等

①潮位

平均満潮位は+1.70mである．

②風

波浪よりも風荷重が重要であるが，具体的数値については，把握できていない．

③波浪

河川港で波高が低く，考慮していない．

④設計対象船舶

岸壁諸元から13,500TEU積コンテナ船（マースク社のEシリーズ級の船舶）であり，諸元は，全長397.7m，幅56.4m，型深30.2m，満載喫水-16.0mであろうと推測される．

⑤土質

良質な砂質土である．元々良質な砂質土を投入し埋立てられた土地である．表層から地下20mまではシルト質砂，それ以下では元々存在した地盤で粘土砂混じり土の

層（層厚2～3m）が続き、その下は、粗いシルト質砂となっている。地盤改良は行っていない。図3-6に土質柱状状図及びコーン貫入試験結果を示す。

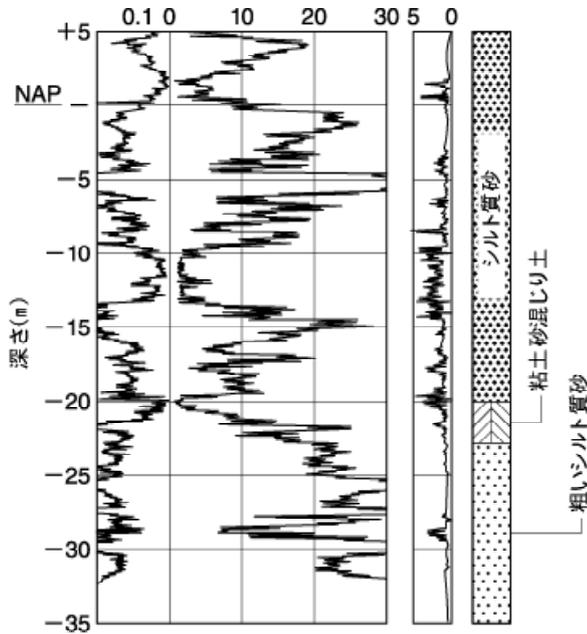


図 3-6 土質柱状図

⑥地震

歴史的に地震がなく、地震力を想定していない。

3.2.3 岸壁付帯施設

(1) 防舷材

防舷材は、形状からスウェーデンのメーカー社製の受衝板付きスーパーコーン型防舷材と判断される。

(2) 係船柱

図 3-7に用いられている係船柱図を示す。英国の企業がロッテルダム港の要求仕様に従い開発したものである。同図は、他社が生産する80トン型の構造図である。300トン型まで生産されていることから、ロッテルダム港では、アントワープ港、ゼーブリュージュ港等の近隣諸港と同様、200トン型を使用しているものと考えられる。

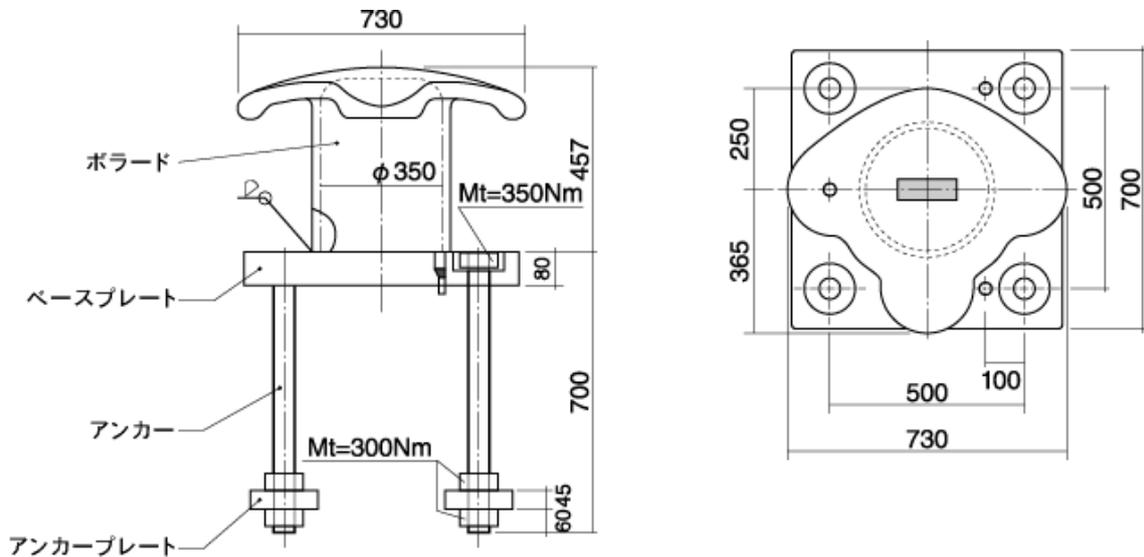


図 3-7 係船柱構造図

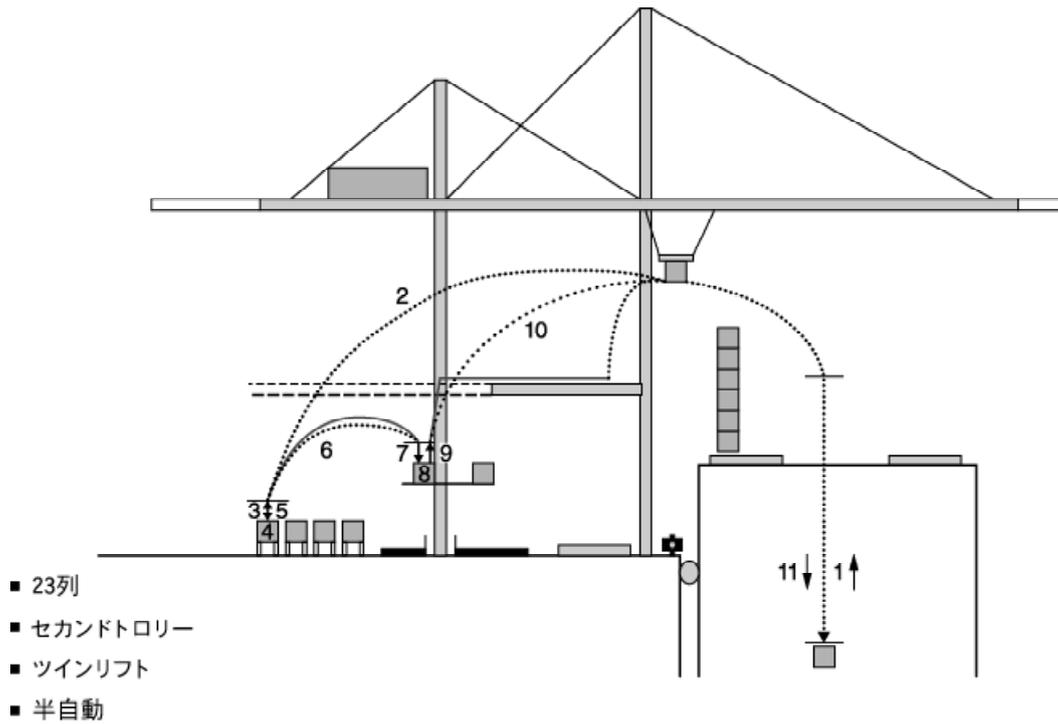


図 3-8 ガントリークレーンの構造図

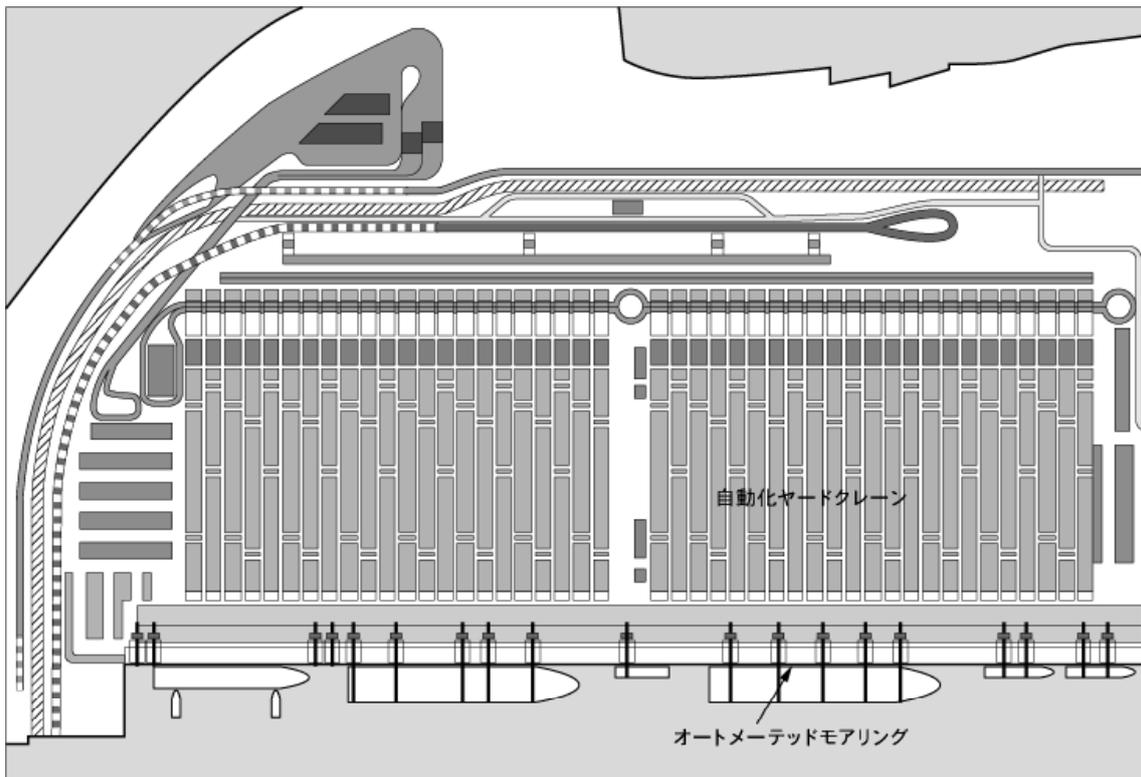


図 3-9 ユーロマックス・ターミナルレイアウト

(3) 接岸方式

タグボートによる接岸方式である。コンテナ船型により利用されるタグボートの大きさ、隻数も異なる。ロ

ッテルダム港では、民間3社によりタグサービスが提供されている。その内の一社は、牽引力45t~100tのタグボートを使用している。

(4)その他

2009年に供用開始されたが、オペレーションの無人化システムが未だ調整中であり、本格稼働に至っていない。

3.2.4 ガントリークレーン

現在12基の岸壁ガントリークレーンが稼働している。将来的（第4期終了後）には、28基にまで拡充される予定である。コンテナ2個同時取扱（ツインリフト方式）が可能であり、定格起重能力は95トン程度あるものと思われる。また、コンテナ船の大型化に対応できるようコンテナ23列までの荷役が可能である。クレーンは2つ設置されており、一つ目のクレーンで船舶から荷卸されたコンテナは、ガントリークレーン内部に設置された仮置き場に移される。その後、2つ目のクレーンで無人コンテナ運搬車両（AGV）に載せられるデュアルモード方式である。フィーダー船用のガントリークレーンは4基、鉄道用積替用のガントリークレーンは2基設置されている。図 3-8にガントリークレーンの構造を示す。

3.2.5 エプロン・マーシャリングヤード

図 3-9にターミナルのレイアウトを示す。コンテナヤードの上載荷重は4t/m²以下である。

3.3 アントワープ港・ゲートウェイ・ドゥルガンクドックターミナル

3.3.1 コンテナターミナルの概要

(1)位置

アントワープ・ゲートウェイ・ドゥルガンクドックターミナルの位置を図 3-10に示す。

(2)整備・供用年

コンテナターミナルオペレーターであるアントワープゲートウェイが岸壁延長1,650m、水深-17.0m、ターミナル面積78haで2008年から供用を開始している。ターミナルは順次拡張され、現在では、126haとなっている。アントワープゲートウェイは、DP World(42.5%)、Zim Ports(20%)、Cosco Pacific(20%)、CMA CGM(10%)、Duisport(7.5%)のJV企業である。

(3)整備に関わる主体

元々広大な埋立地を浚渫して整備したターミナルであり、航路・泊地、岸壁等のインフラストラクチャー（下物）は、港湾公社が整備し、ヤード舗装、荷役機械、管理棟等のスーパーストラクチャー（上物）は、借受者であるアントワープゲートウェイが整備した。

(4)連続バースの利用状況

既存3バースは一体的に利用されており、2007年の取扱貨物量は、793千TEUである。

(5)船社との関係

株主のZIMをはじめCHKYアライアンス（COSCO、韓進、川汽、Yang Ming）、CMA CGM、チリのCSAV NORASIA等が同ターミナルを利用している。

3.3.2 岸壁仕様

(1)設計水深、延長

図 3-11に設計水深を示す。設計水深は-17.0mであるが、潮位差が最大5.0m存在することから、基準面から5mまで（海底から22m）達することとなる。また、船舶接岸時の安定性確保の観点から水面上4mの余裕を見ているので、天端高は、基準面から9m（海底から26m）となっている。延長は、1,650mである。

計画・設計基準については、ユーロコードに細かく定めていないものは、鋼材、港構造物等について、ドイツの基準を多く使用している。

(2)構造

図 3-12に岸壁構造断面図を示す。鉄筋コンクリートの重力式構造物（鉄筋コンクリートL型擁壁）である。何より特徴的な点は、その施工方法である。施工方法については後述する。平面的には、図 3-12の構造物が連続的に打設されている。

(3)設計条件等

①潮位

基準面は、MLLWSである。朔望平均満潮位は+5.0mである。

②風

風に対する設計上の資料が得られていない。

③波浪

河川港であり、水域も狭いことから、大きな波浪が発生することがない。

④設計対象船舶

13,500TEU積コンテナ船（マースク社のEシリーズ級の船舶）であり、諸元は、全長397.7m、幅56.4m、型深30.2m、喫水-16.0mである。

⑤土質

良質な砂質土（地盤反力係数、20～40 kN/m³）であり、地盤改良は行っていない。

⑥地震

歴史的に地震がなく、地震力を想定していない。



図3-10 ターミナル位置図

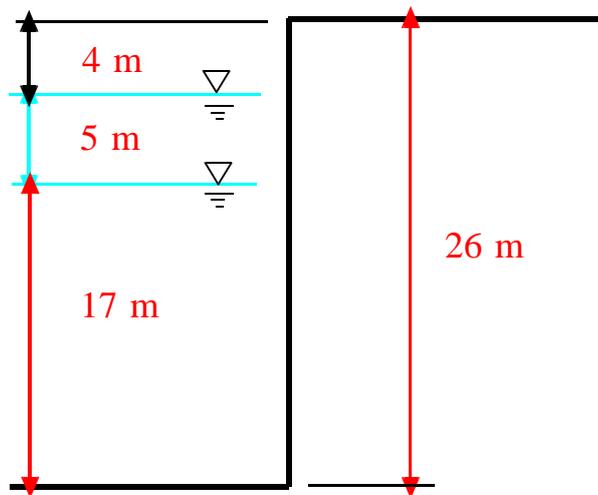


図3-11 設計水深

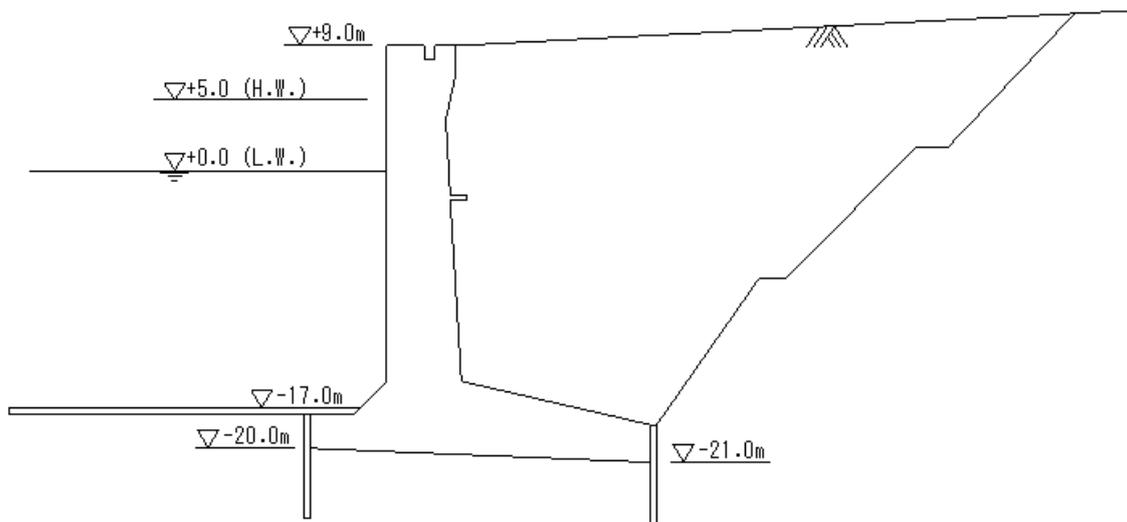


図 3-12 岸壁構造

(3)岸壁の施工方法

①特徴

当該岸壁は、設計水深-17.0mで潮位を考慮すれば、構造物底面からの天端高が26mとなる巨大構造物である。また、既存埋立地を掘り込み、新たな水面（アントワープ港では、航路・泊地を「ドック」と称している。）に面した岸壁である。このような場合、先ず掘り込み工を実施し、次に岸壁を整備するのが一般的であるが、ダブルガンクドックの場合、先ずドライ工事で岸壁を整備し、その後、掘削、浚渫を行うという施工方法を採択しているのが特徴である。竣工した状態は図 3-12を参照。

②施工手順

a. 埋立地の露天掘り

埋立地を既定の深度まで露天掘りを行う。多数のポンプによる地下水の巻上げを行い、一貫してドライな状態に

保つ（図 3-13参照）。

b. 岸壁底部の築造

竣工時の安定性確保に必要なシートパイルを掘削底面に打ち込み、その後、現場打ちコンクリートで岸壁底部の築造に着手する（図 3-14参照）。

c. 岸壁本体の順次築造

岸壁本体を順次築造すると共に岸壁背後の埋め戻しを行う。埋め戻しは、良質な砂質土を用い、層圧30cmずつ締め固めながら行う。構造物が所定の高さに至れば、上部工を打設する（図 3-15参照）。

d. 洗掘防止工の打設

船舶のスクリューによる洗掘防止のための舗装を行う（図 3-15参照）。

e. 掘り込み、導水、浚渫

岸壁本体竣工後、掘り込み、導水、浚渫を行う。

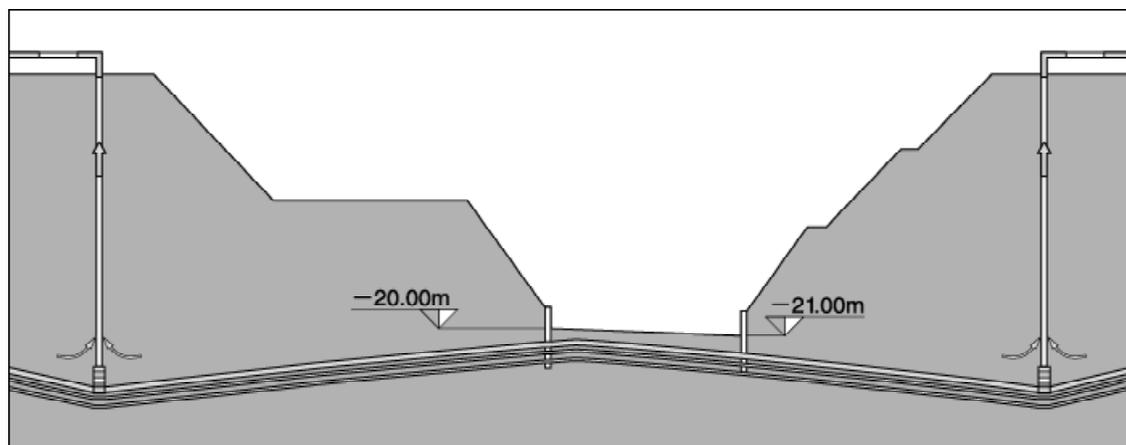


図3-13 掘削断面

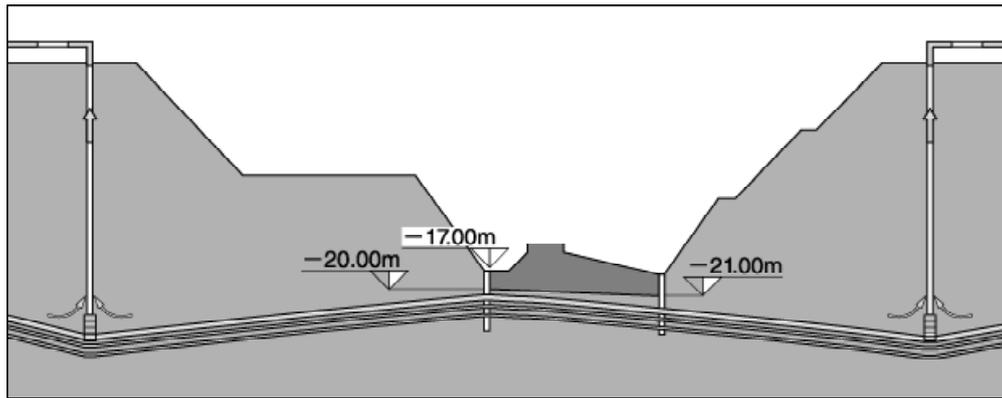


図3-14 岸壁底部の築造

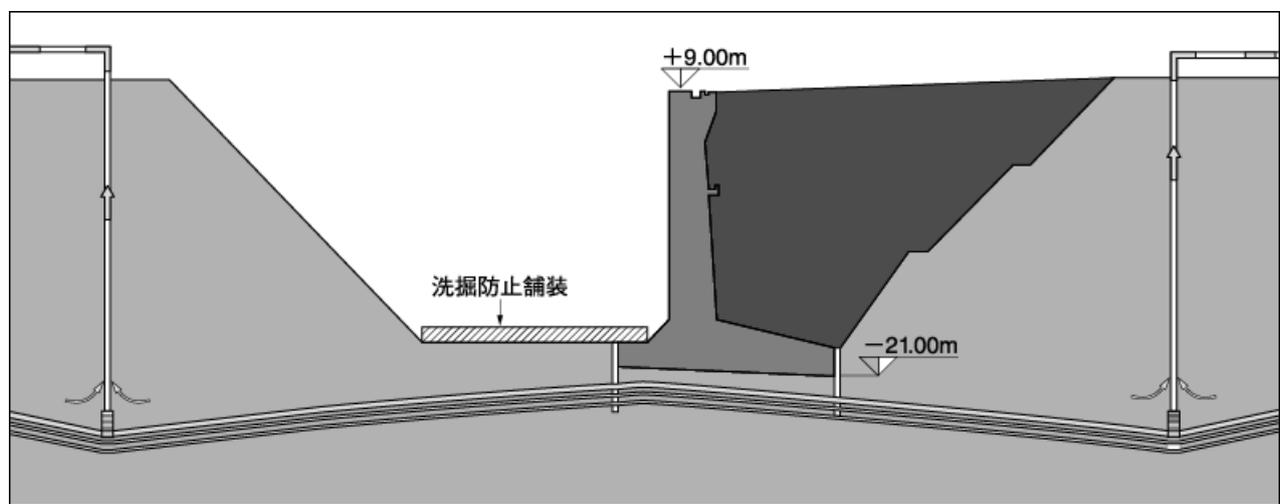


図3-15 埋め戻し及び洗掘防止工

3.3.3 岸壁付帯施設

(1)防舷材

形状から日本製のパイ型 (HPi 1000HX3000L) とハイパーオメガ型 (1000HX6000L) の2種類 (全長9m) であると判断される。コンテナ船接岸時に主にエネルギーを吸収するのは、ハイパーオメガ型 (1000HX6000L) と考えられる。

(2)係船柱

係船柱は、曲柱UB-2000K型、ボルト4本型を用いている。ボルト1本当りの横方向引張り耐力は約50トンであり、計200トンの係留力 (牽引力200 t/基) を持つ。

(3)接岸方式

タグボートによる接岸方式である。コンテナ船型により利用されるタグボートの大きさ、隻数も異なる。ベルギー国内では、タグサービスは民間1社により提供されている。アントワープ港で使用しているのは、4,000

～5,000馬力級のタグボートである。

3.3.4 ガントリークレーン

(1) コンテナ貨物の取扱量

当該ターミナルにおけるコンテナ扱いの実績を表 3-4に示す。

表 3-4 ターミナルのコンテナ取扱実績
(単位：千TEU)

年	2006	2007	2008
合計	600	793	1,092

出典：CI2009/2010

現在6基の岸壁ガントリークレーンが稼動している。将来的には、9基にまで拡充を図る予定である。鉄道用積替用のガントリークレーンは、1基稼動している。

3.3.5 エプロン・マーシャリングヤード

図 3-16にターミナルの全体図を示す
コンテナヤードの上載荷重は、 6 t/m^2 .

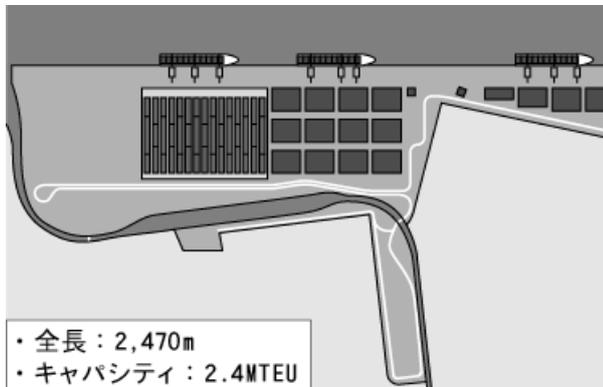


図 3-16 ターミナルの全体図

3.4 ゼーブルージュ港（ベルギー）・APMターミナルズ

3.4.1 コンテナターミナルの概要

(1) 整備・供用年

1995年から整備に着手し、2006年に竣工。同年より、

オランダのコンテナターミナルオペレーター、APMターミナルズが供用を開始している。供用開始時の延長は900mであったが、現時点では、1,023mにまで延長されている。

(2) 整備主体

航路、泊地、岸壁及び埋立等のインフラストラクチャー（下物）は、MBZ（ブルージュ市及び民間資本が出資した自治港湾公社）が整備し、ヤード舗装、荷役機械、管理棟等のスーパーストラクチャー（上物）は、借受者であるAPMターミナルズが整備した。

(3) 連続バースの利用状況

既存3バースは一体的に利用されており、2007年の取扱貨物量は、444千TEUである（供用年の2006年は、180千TEUであった。）。

(4) 船社との関係

APMターミナルズは、デンマークの船社（マースクライン）の系列企業であり、マースク、ニューワールドアライアンス（商船三井、APL、現代商船）及び南アフリカの定期船社、Safmarine社のコンテナ船が同ターミナルを利用している。

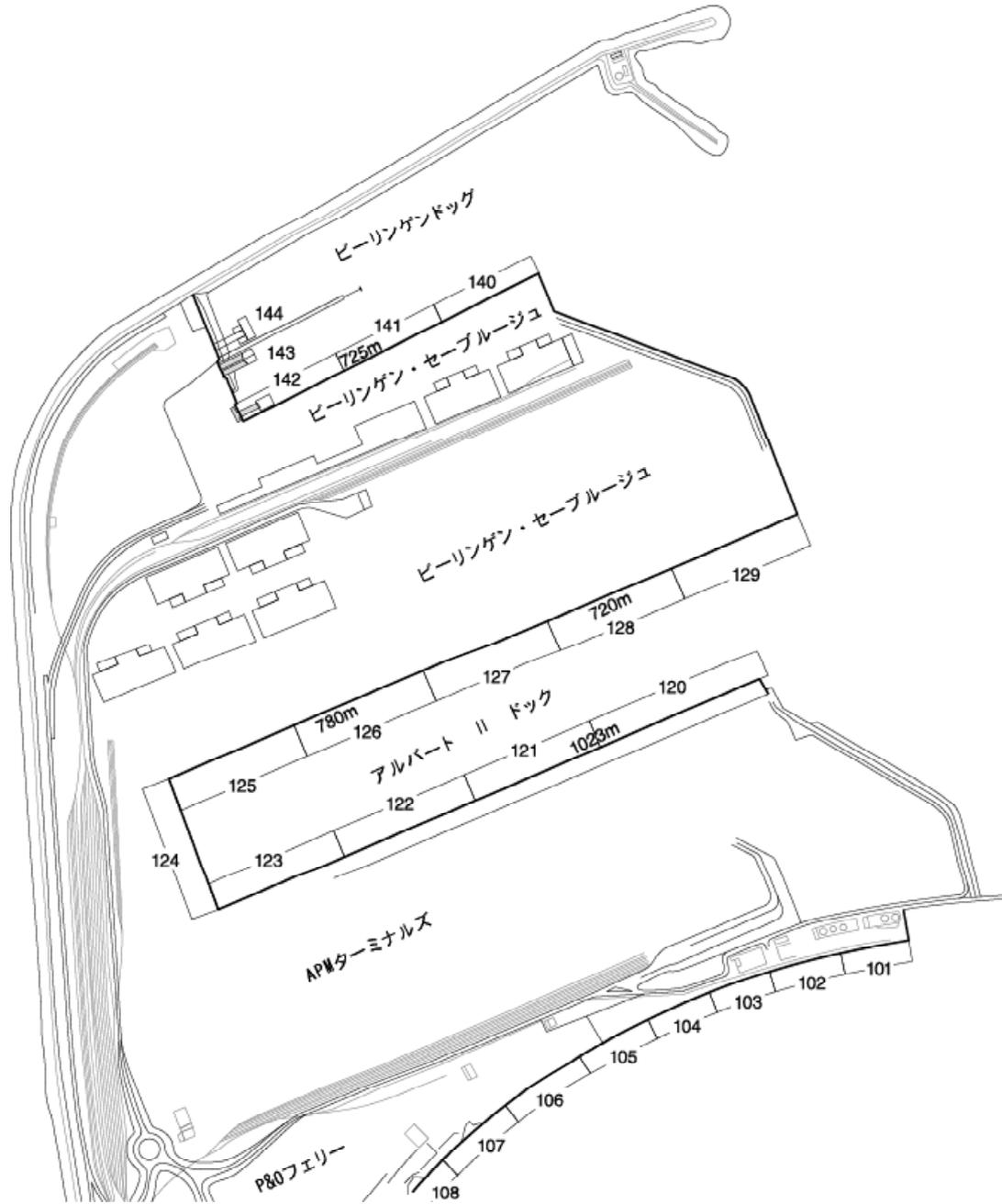


図 3-17 Albert II -Dock周辺のターミナル

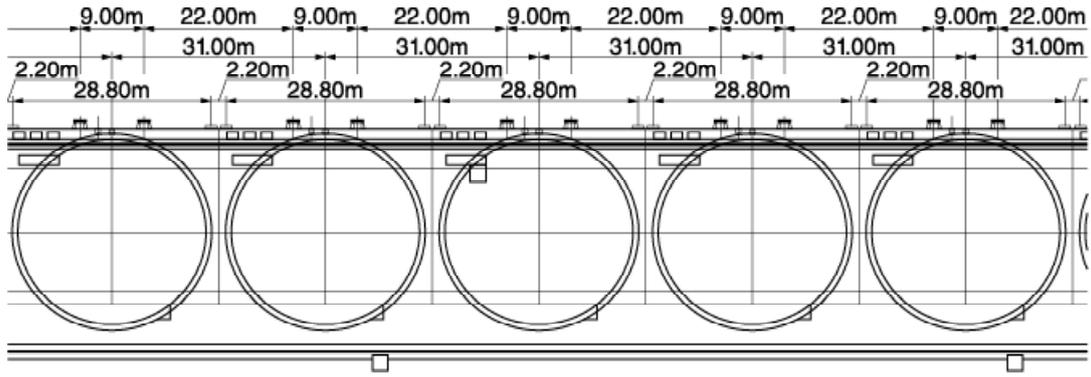


図3-18 岸壁構造平面図（鉄筋コンクリートセル構造）

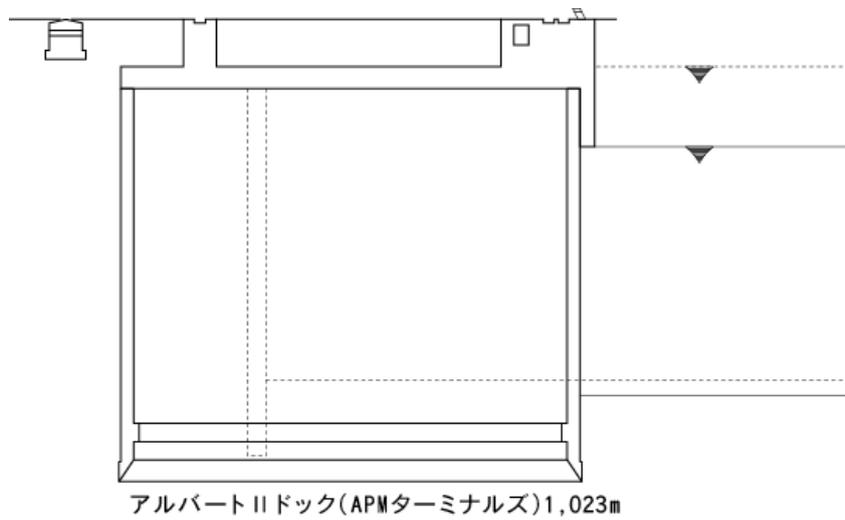


図3-19 岸壁構造断面図（鉄筋コンクリートセル構造）

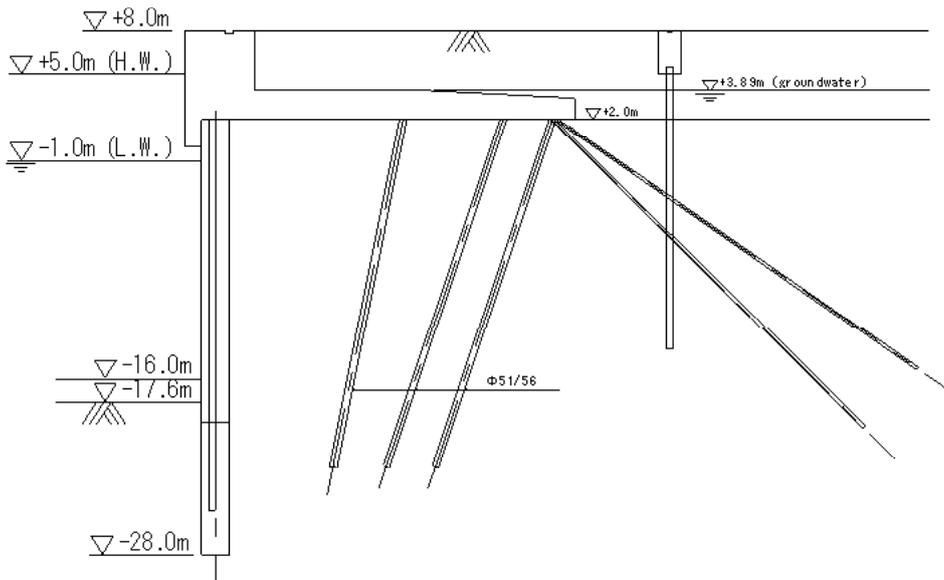


図3-20 岸壁構造断面図（連続壁を用いた柵式構造）

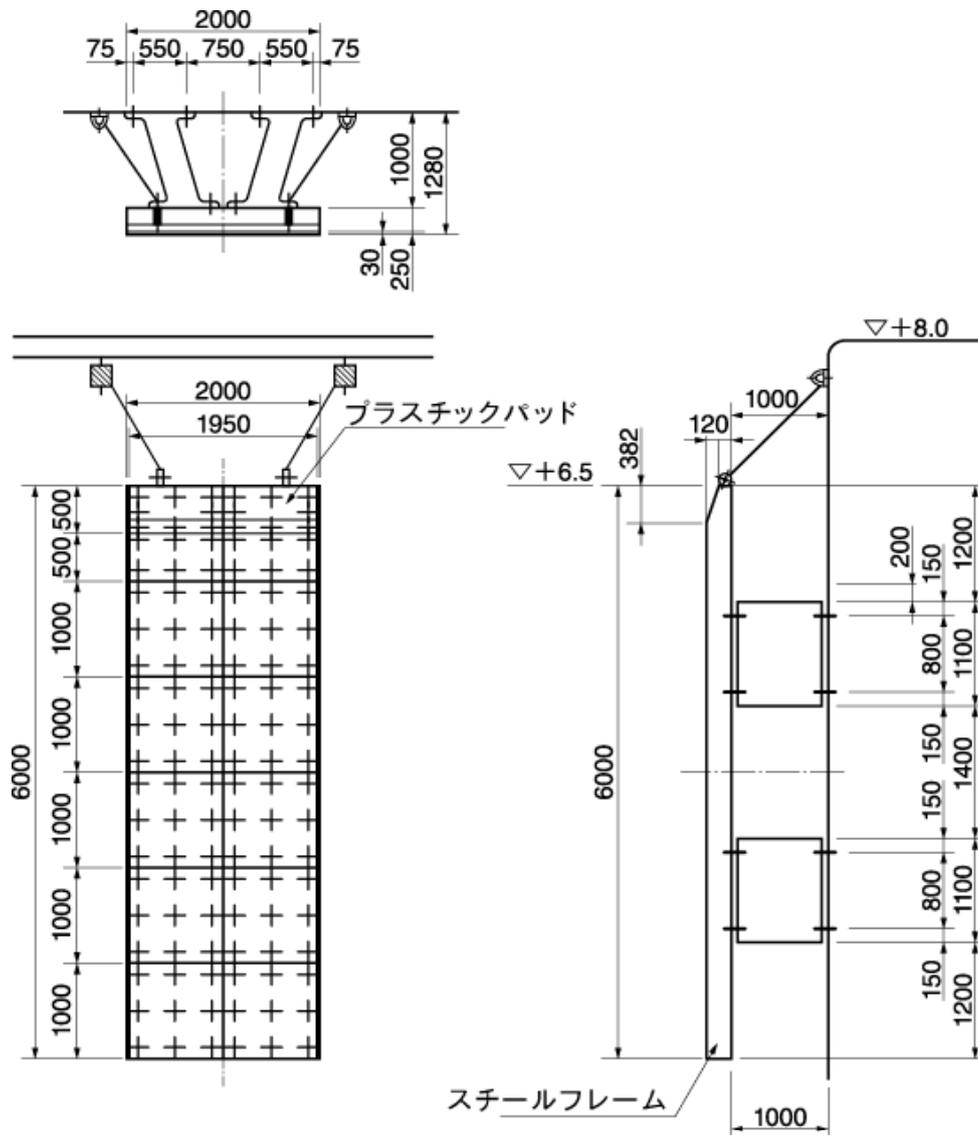


図3-21 防舷材構造図

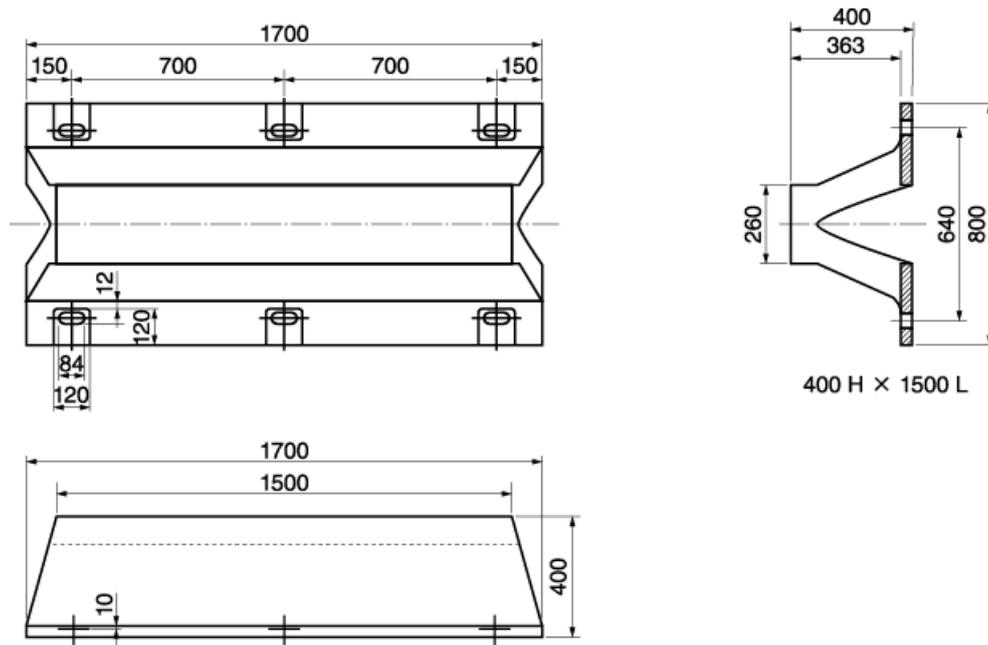


図 3-22 防舷材構造図

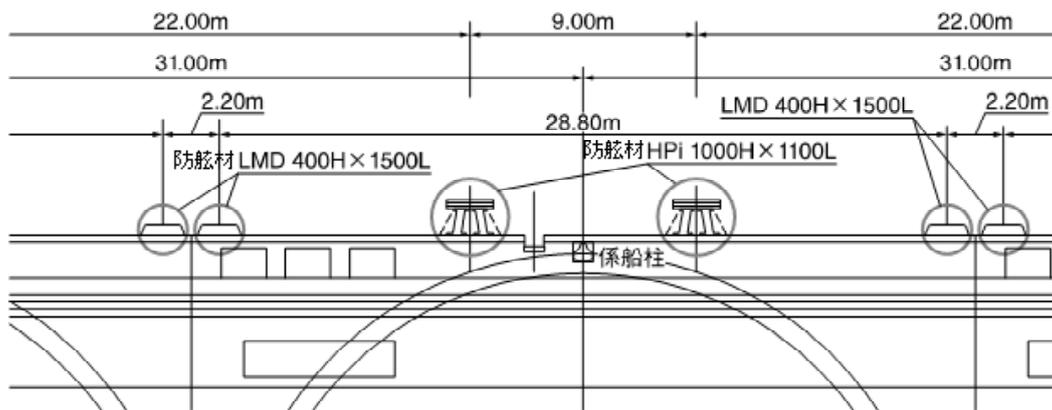


図 3-23 防舷材配置図

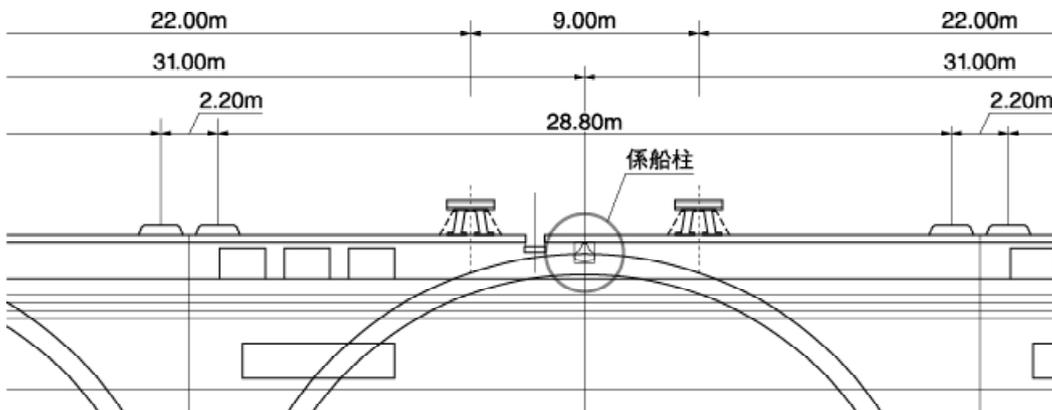


図 3-24 係船柱配置図

3.4.2 岸壁仕様

計画・設計基準については、ユーロコードは細かく定めていない。各国或いは港湾毎で細部を定めて設計している。

(1) 設計水深、延長

図 3-17 にアルバート II-ドック周辺のターミナル配置図を示す。コンテナターミナルの水深は現在-16mであるが、将来的には-18mまでに増深可能である。延長は、1,023mである。

(2) 構造

図 3-18 に岸壁構造平面図を、図 3-19 に岸壁構造断面図を示す。岸壁の基本構造は、直径（外径）28.8m、厚さ75cmの鉄筋コンクリートセル構造である。このセルを岸壁法線方向に31m間隔で33函打設し、1,023mの岸壁を整備している。セル外壁間の距離は、2.2mである。セル底面は、水深-21.5mまで根入れされている。このケーソンに上部工を打設し、岸壁構造としている。ターミナルの天端高は、+8.0mである。

現在整備中のPSA アルバート II ターミナルは、セル構造ではなく、連続壁を用いた棚式構造である。連続壁は、-28.0mまで根入れされている。この岸壁は、水深-17.6m、ターミナルの天端高は、+8.0mである。図 3-20 に岸壁構造断面図を示す。

(3) 設計条件等

①潮位

基準面は、MLLWSである。朔望平均満潮位は+4.70m、朔望平均干潮位は+0.41mである。

②風

暴風時の200km/時（55.5m/秒）の風力を設計上見込んでいる。

③波浪

防波堤に対して、冬季風浪6.0～6.1m（年1回程度起こる）を想定している。

④設計対象船舶

13,500TEU積コンテナ船（マースク社のEシリーズ級の船舶）であり、諸元は、全長397.7m、幅56.4m、型深30.2m、喫水-16.0mである。

⑤土質

良質な砂質土である。地盤改良は行っていない。

⑥地震

歴史的に地震がなく、地震力を想定していない。

3.4.2 岸壁付帯施設

(1) 防舷材

防舷材は、日本製のパイ型（HPi 1000HX6000L）とラムダ型（LMD 400HX1500L）の2種類を用いている。基本のパイ型（HPi 1000HX6000L）は、各セル中心線から左右4.5mの距離に2基設置されている。補助のラムダ型（LMD 400HX1500L）は、セルと隣接セルの境目に2.2m間隔で1箇所ずつ設置されている。よって、セル単位で見れば、パイ型（HPi 1000HX6000L）2基、ラムダ型（LMD 400HX1500L）2基、計4基設置されていることとなる。全部で33セルあることから、全体では、パイ型（HPi 1000HX6000L）66個、ラムダ型（LMD 400HX1500L）66基、計132基設置されていることとなる。設計上の接岸速度は、35cm/秒である。

各防舷材の構造を図 3-21、図 3-22 に、配置図を図 3-23 に示す。

(2) 係船柱

係船柱は、曲柱UB-2000K型、ボルト4本型を用いている。ボルト1本当りの横方向引張り耐力は約50トンであり、計200トンの係留力を持つ。各セル中心線に1基ずつ設置されている。全部で33セルあることから、全体では、33基設置されている。すなわち、係船柱は牽引力200t/基で30m毎に配置されている（図 3-24 参照）。

(3) 接岸方式

タグボートによる接岸方式である。コンテナ船型により利用されるタグボートの大きさ、隻数も異なる。ベルギー国内では、タグサービスは民間1社により提供されている。ゼーブルージュ港で使用しているのは500馬力級のタグボートである。

接岸速度は、35cm/秒程度である。

3.4.3 ガントリークレーン

現在7基の岸壁ガントリークレーン（ダブルトロリー、ツインリフト）が稼働している。将来的には、11基にまで拡充を図る予定である。定格起重能力65トン、定格巻上速度35m/秒、アウトリーチ62.5m（コンテナ22列対応）、レール幅31mである（図 3-25、図 3-26 参照）。

鉄道用積替用のガントリークレーンは、2基稼働している。定格起重能力50トンである。23基あるストラドルキャリアーの定格起重能力も50トンである。

通常の荷役作業においては、ガントリークレーン1基で時間当たり35ボックスの荷役を目指している。

ガントリークレーン基礎は、荷重を80t/mとしている。

3.4.4 エプロン・マーシャリングヤード

図 3-27にターミナル内におけるマーシャリングヤードの配置を示す。

図 3-28にマーシャリングヤードの舗装断面を示す。舗装の全体厚は80cmである。ヤード舗装は4層で、舗装

内訳として、2層（1層30cm）のセメント安定化処理路盤、その上に2層（1層8cm）の瀝青処理碎石、その上の表面コンクリート舗装（1層4cm）からなっている。コンテナヤードの設計上載荷重は、6トン/㎡である。

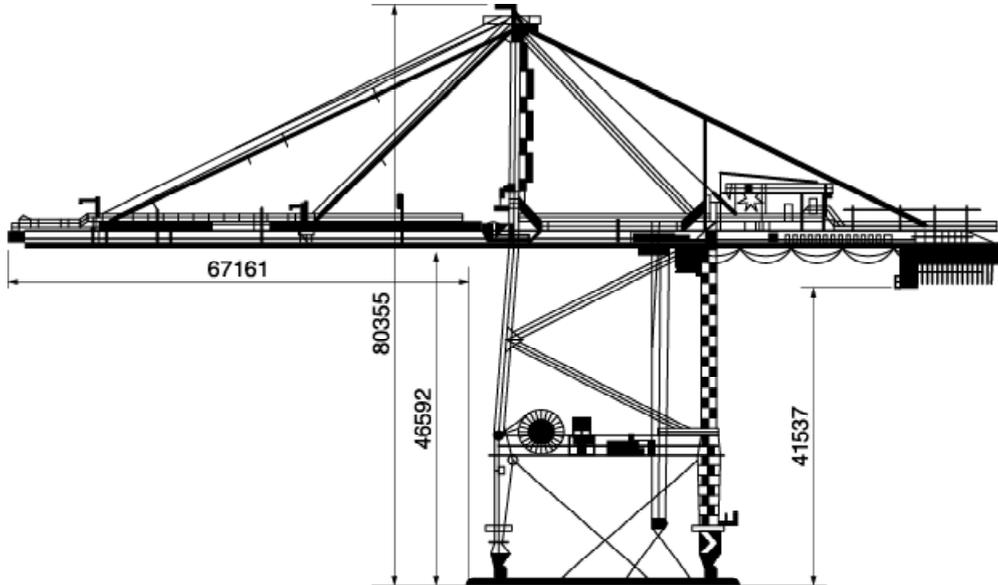


図 3-25 ガントリークレーンの構造図

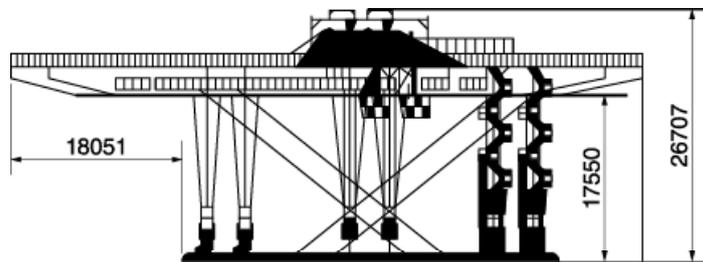


図 3-26 ガントリークレーン（鉄道用）の構造図

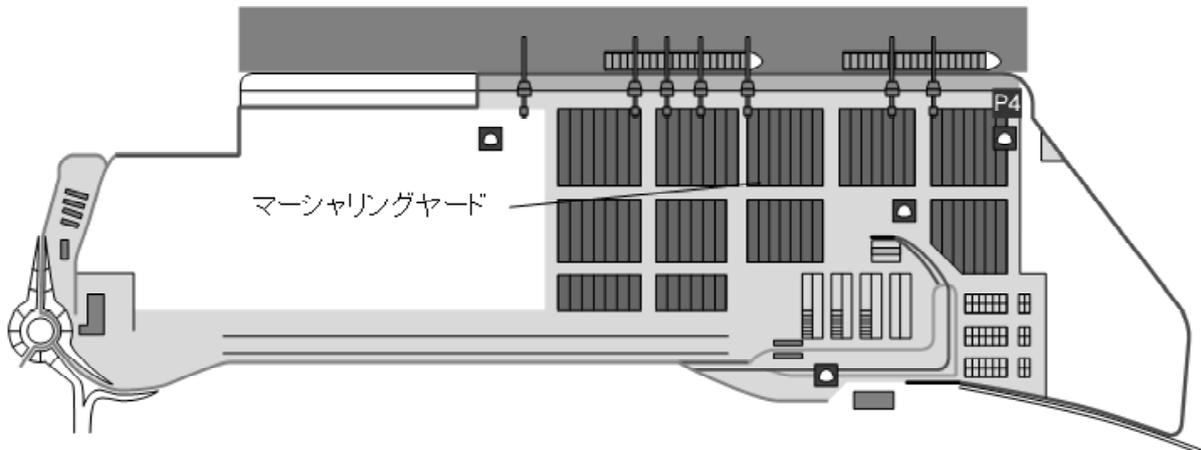


図 3-27 APMターミナルズレイアウト

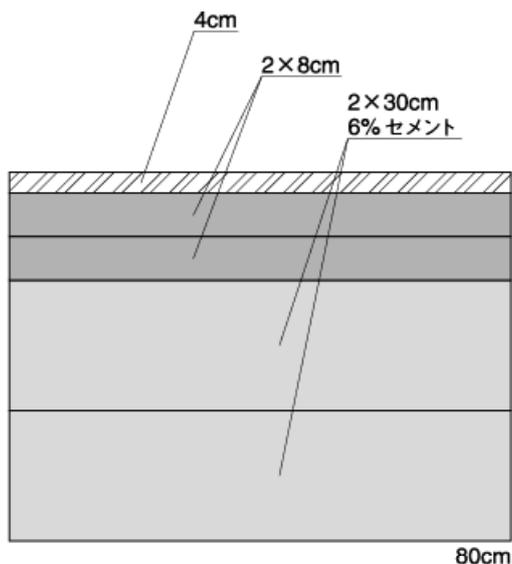


図 3-28 マーシャリングヤードの舗装断面

3.5 ロサンゼルス港・ピア400コンテナターミナル

3.5.1 コンテナターミナルの概要

(1) 位置

ロサンゼルス港はアメリカ西部、カルフォルニア州の州都ロサンゼルス市の南約30kmのサンペドロ湾に位置している。また、この港の東側はロングビーチ港と隣接している。

1872年の海岸線と比較すると、ロサンゼルス港はロングビーチ港と共にそのほとんどが海上埋立てによって築造された港である。

(2) 整備・供用年

当初、ロサンゼルス市がロングビーチ市の地先(埋立地)も買収して、大ロサンゼルス港としての開発計画であった。ところが、1909年ロングビーチ市が独自の港湾の開発・管理・運営に乗り出す事になり、ロサンゼルス河口の臨海部土地は1911年の州法でロングビーチ市に供与され、同年最初の市営バース(在来船用ターミナル)が供用開始され、その後、米国西海岸最大の海軍基地設置に伴い商業港湾としても著しく発展した。

(3) 整備主体

ロサンゼルス港の管理は、今から100年以上前の、1907年にロサンゼルス市市議会によって設立されて以来“ロサンゼルス港管理委員会 (Los Angeles Harbor Commission)”が行っている。

港湾施設のうち、防波堤と航路は米国陸軍工兵隊が建設・維持し、岸壁や泊地はロサンゼルス港管理委員会が建設・維持している。

ロサンゼルス港とロングビーチ港でアメリカの貨物

の40%を扱っており、そのうち、40%は鉄道で輸送している。水域は、岸壁から15mまではPAが浚渫を行い、それ以降は連邦政府が浚渫を行う。

(4) 連続バースの利用状況

ロサンゼルス港の管理している港湾施設は25箇所に分散している。その中で、コンテナを扱っている施設は8箇所である。これらのうち、最も港外側に位置するターミナルはピア400と呼ばれ、8,000TEU以上のコンテナ船が着岸・荷役を行える施設となっている。

ピア400コンテナターミナルは、Phase IとIIの2段階に分けて建設された。Phase Iは延長1,191mの岸壁(3バース)を持つ、面積約139haのターミナルで、1994年に工事が開始され、2001年に供用が開始された。また、Phase IIは延長996mの岸壁(船型によって、2~3バース)を持つ、面積約68haのターミナルで、2006年に供用が開始された。進入航路の水深は22.9m、回頭水域半径は548mである。

ピア400コンテナターミナルの配置図を図3-29に示す。Phase IIの内、延長約560m部分の岸壁法線はPhase Iの法線から約45°の角度で南に曲がっている。全コンテナクレーン14機のうち、この部分の2基のコンテナクレーンは湾曲したレール上をPhase I側にも移動できる構造になっていて、全バース(5~6)は一体として利用できるような配置になっている。

(5) 船社との関係

ターミナルは、ロサンゼルス港管理委員会が建設し、A. P. モラー-マースクグループのAPMターミナル会社が運営している。このターミナルをを利用している主な

船社はMaersk Line, Horizon Linesであるが, Safmarine, CMA-CGM, Hapage Lloyd, MSC, NYK Line, OOCL,

US Linesの船舶の利用もある。

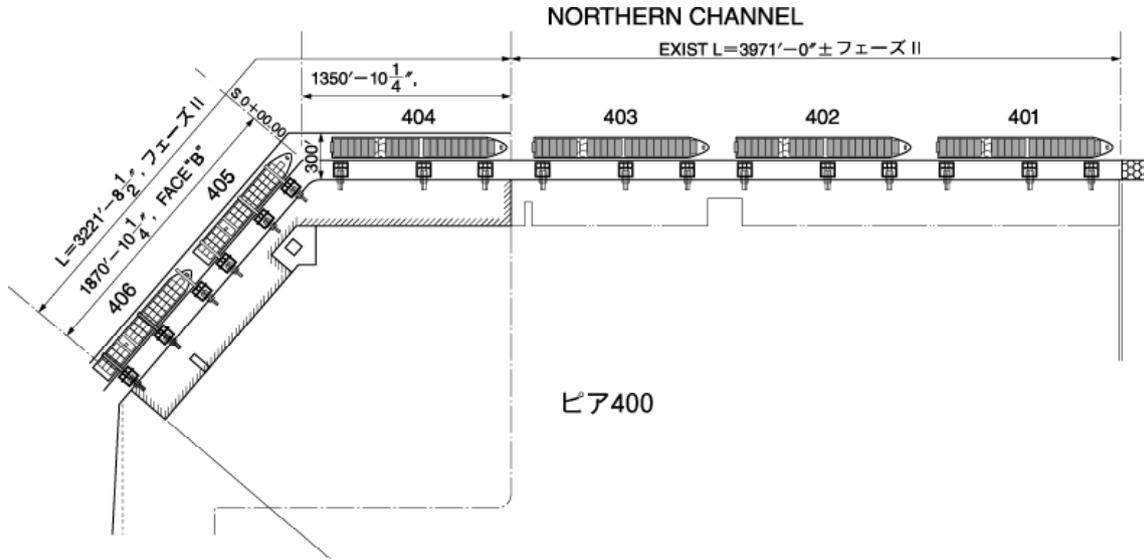


図 3-29 Pier400岸壁配置図

3.5.1 岸壁仕様

(1) 設計水深, 延長

岸壁の配置は図3-29に示すように, Phase Iは3バース分の延長に相当する1,210m, Phase IIは船型によって, 2~3バース分の延長に相当する982mの岸壁, 総延長2,192mが整備されている。

水深は, 岸壁の計画水深を-55ft (-16.8m), 設計水深を-57ft (-17.4m)としている。また, 岸壁の天端高は+15ft (4.5m)である。

(2) 構造

岸壁の構造は, 図 3-30に示すようなプレストレスト

コンクリート杭を用いた幅124ft (37.2m) の鉄筋コンクリート式横棧橋である。

杭は最大幅60cmの八角形で, その中心に杭打設時に用いる水ジェット噴射用の径7.5cmの塩化ビニールパイプが埋め込まれている(陸側の2本を除く)。杭は標準部において, 延長方向は20ft (6m) 間隔, 法線直角方向は22ft (6.6m) 間隔で打設されている(図 3-31参照)。

床版は厚さ2ft (60cm) のフラットスラブの上に厚さ8\" (20cm) のアスファルト舗装をした構造となっている。

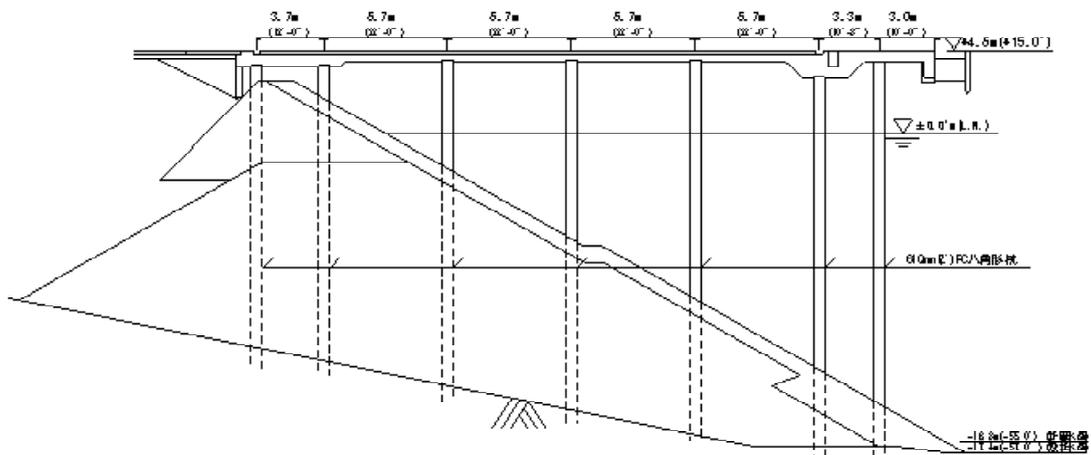


図 3-30 岸壁構造断面図

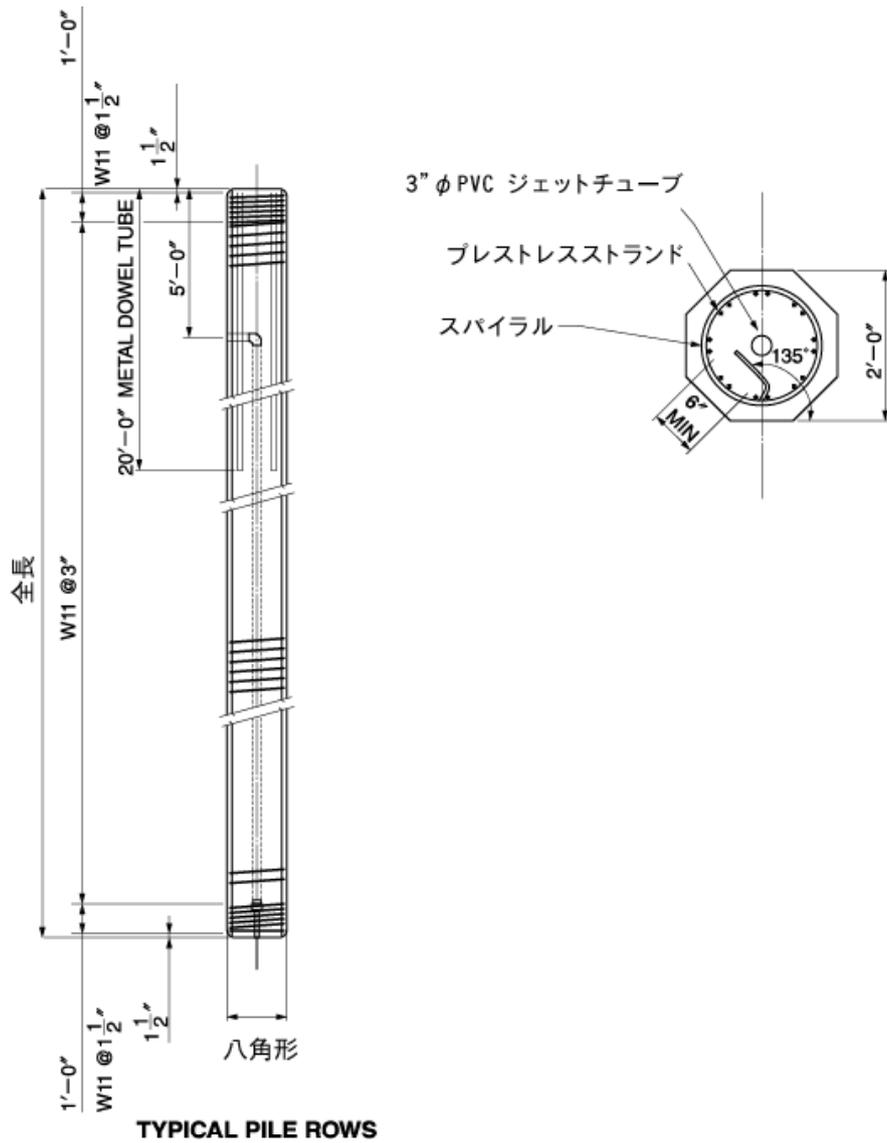


図 3-31 プレストレストコンクリート杭構造図

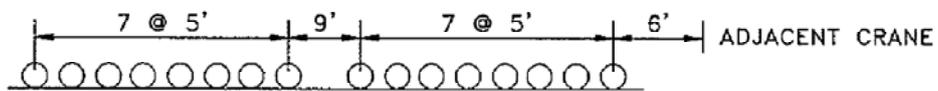


図 3-32 クレーンレール上の車輪の配置

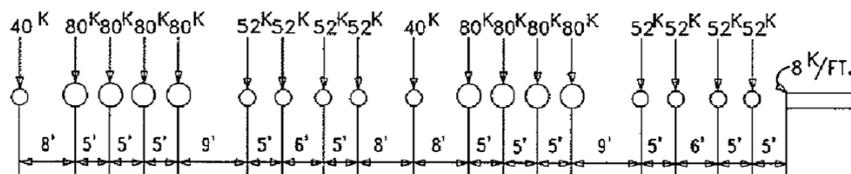


図 3-33 COOPER E80列車についての輪荷重

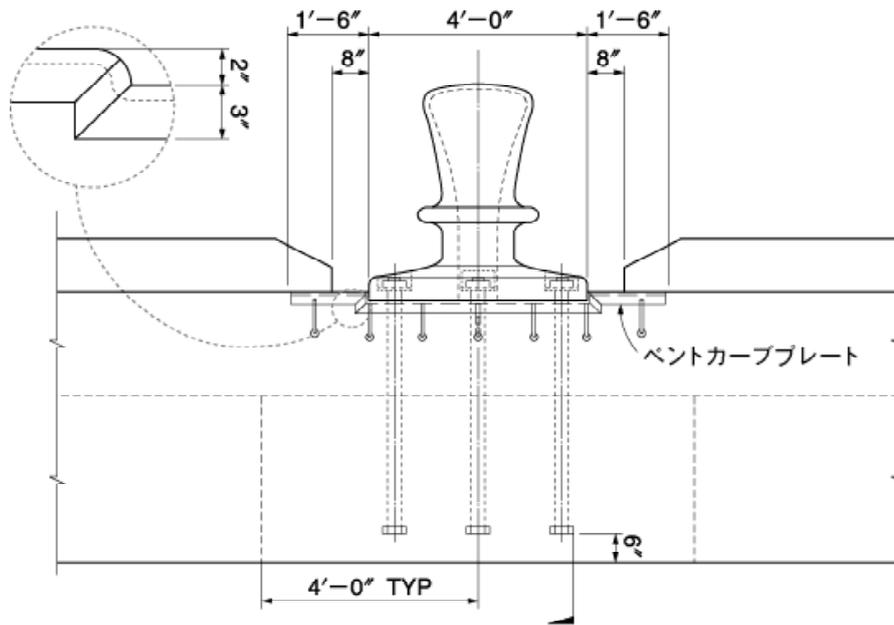


図 3-34 係船柱標準断面図

(3) 設計条件等

①潮位

ロサンゼルス港における既往最高潮位は7.96ft (2.39m)、既往最低潮位は-2.56ft (-0.77m) となっている。また、岸壁等施設の設計潮位は5.4ft (1.6m)である。

②風

接岸時の設計風速は45MPH (20m/s)、暴風時は70MPH (31m/s) である。

③設計対象船舶

設計対象船舶の大きさは152,000DWT (全長; 1,138ft (347m)、型幅; 140ft (43m)、最大喫水; 47.5ft (14.5m)) である。

(4)設計荷重

設計荷重について、次のような基準を設定している。

① 栈橋死荷重

- ・鉄筋コンクリートの自重; 2.5 t/m³
- ・上載死荷重; 0.5 t/m²

② 床版活荷重

- ・5.0 t/m²

③ 集中輪荷重

・一輪当たり56 tの荷重 (25%の衝撃荷重を含む) が作用する設置面積4,450cm²の車輪を2輪、13ft (3.9m)の間隔で作用させる。

④ コンテナクレーン荷重

- ・コンテナクレーンの自重; 1,350 t
- ・クレーンレール上の車輪の配置 (図 3-32)

- ・一輪の鉛直荷重は通常稼動時は112.5 t、暴風時等は163.1 t

- ・一輪の水平荷重は通常稼動時は1.35 t、暴風時は4.5 t

⑤ 鉄道荷重

- ・現在は敷設されていないが、COOPER E80列車について図 3-33のような輪荷重を考慮する (荷重 K=0.45t)。

⑥ 設計条件

ロサンゼルス港のみのEngineering Standardがある。供用時の最大加速度は0.23gを使用、上載荷重は4.9tとしている。

⑦ 荷重の組み合わせ

次のような荷重に対して、その組合せにより、要求極限強度“U”を次に示すように与える。

DL; 死荷重および載荷死荷重

VLL; 鉛直分布活荷重

CLL; 集中活荷重

RRL; 鉄道荷重

GCDL; ガントリークレーン死荷重

GCOL; ガントリークレーン稼動時荷重

W; 風荷重

H; 地震荷重

T; 沈下荷重

- ・ U=1.4DL+1.7VLL+1.7CLL+1.4GCDL

U=1.4DL+1.45GCOL

$$U = 1.4DL + 1.7VLL + 1.4RRL$$

$$U = 0.75 (1.4DL + 1.7VLL + 1.7CCL + 1.4GCDL + 1.7W)$$

$$U = 0.75 (1.4DL + 1.7VLL + 1.4RRL + 1.7W)$$

$$U = 0.9DL + 1.3W$$

$$U = 0.75 (1.4DL + 1.7VLL + 1.7CCL + 1.4T)$$

$$U = 0.75 (1.4DL + 1.7VLL + 1.4RRL + 1.4T)$$

$$U = 1.4DL + 1.4T$$

$$U = 1.4DL + 1.7VLL + 1.7H$$

(5) 耐震設計 (動的設計)

次のように、耐震要求性能に対して、動的設計の設計地震加速度と部材の限界状態歪みを設定している。

なお、設計基準としてはロサンゼルス港独自の基準を有している (The Port of Los Angeles Code for Seismic Design, Upgrade and Repair of Container Wharves - Adopted by the City of Los Angeles Harbor Department Published by the Port of Los Angeles)。

- ・ OLE(Operating Level Earthquake), 地震後において施設使用の中断をしない。

設計地震加速度: 0.28g (50年間の超過発生率 50%, 再現期間72年)

限界歪み: 杭頭部 (コンクリート: 0.5%, 鋼材: 1.0%), 杭地中部 (コンクリート: 0.5%)

- ・ CLE(Contingency Level Earthquake), 地震後岸壁の被災が数カ月で修理可能なレベルに留まる。

設計地震加速度: 0.52g (50年間の超過発生確率10%, 再現期間475年)

限界歪み: 杭頭部 (コンクリート; 2.0%, 鋼材; 5.0%), 杭地中部 (コンクリート; 0.8%)

- ・ 岸壁の1ブロック (84m) 毎に1基の地震計を設置している。

(6) その他の特徴

- ・ 埋立地の地盤改良として動圧密工法 (Deep Dynamic Compaction) を用いた。
- ・ 栈橋のPC杭の中心に塩ビパイプを埋め込み、水ジェットを用いて杭の打ち込みを行った。
- ・ 栈橋床版の中央部に20ft (6m) 間隔で雨水排水穴を設置している。

3.5.2 岸壁附帯施設

(1) 防舷材

岸壁の設計に用いる接岸エネルギーを算定するための設計対象船舶の大きさは230,000DWTで、接岸速度は0.39ft (12cm/s), 接岸角度は6°である。その結果、設計接岸エネルギーは122t・mとなり、型防舷材 (高さ5.2

5ft (1.6m), 長さ4.0ft (1.2m), 設置間隔60.0ft (18.0m)) を用いると、その反力は165tになる。

(2) 係船柱

設計対象船舶の牽引力の200tに対し、係船柱を9~20mの間隔で設置している。係船柱の標準断面は図 3-34に示す。

(3) 車止め

車止めは、33cm×33cm各の木材を用いたものが配置されている。

(4) 各種ソケット等

岸壁には、船舶給水栓、給電用ソケット、電話用ソケット、動力用ソケット、梯子などが、おおよそ栈橋1ブロック (84m) 毎に1組設置されている。

(5) 接岸方式

岸壁への接岸はタグのアシストによっている。係留するタグは隣接するロングビーチ港と共有しており、両港で合計27隻のタグボートを使用している。

岸壁への接岸進入角は、法線方向から6°で、岸壁法線直角方向の接岸速度が12cm/s以下になる様に接岸することとしている。

3.5.3 ガントリークレーン

コンテナ取扱量は785万TEUに上り、その取扱量は全米第一位を誇っている。

ピア400コンテナターミナル単体での貨物の取扱量等の情報は公開されていない。

ガントリークレーンは全長2,187mの岸壁全体で14基設置されている。ガントリークレーンのレール間隔は100ft (33m), 定格荷重は62~92トン, 揚程はコンテナ船のデッキ上8~9コンテナの高さに相当する40m, 揚程スピードは100~180m/分, アウトリーチは63mである。

コンクリート杭式の基礎である。

3.5.4 エプロン・マーシャリングヤード

コンテナヤードの全体面積は約200万m²である。

ヤード内のコンテナのハンドリングはRTGシステムで行われており、そのレーン数と延長、クレーンの基数は次の通りである。

・ 仕分け; 延長750m x 12レーン x 8クレーン = 96クレーン

・ 蔵置用; 延長1,900m x 6レーン x 21クレーン = 126クレーン

コンテナ蔵置能力は、シャーシ用が8,000TEU, 地下置き用が46,000TEU, 冷凍コンテナ用のソケットは2,000箇所設置されている。

3.6 ロングビーチ港・ピア T コンテナターミナル

3.6.1 コンテナターミナルの概要

(1) 位置

ロングビーチ港は、アメリカ合衆国カリフォルニア州のロサンゼルス南約30kmに位置し、ロサンゼルス港に隣接している。この港は、アメリカ合衆国と環太平洋地域を結ぶ重要な港湾であり、2008年のデータではコンテナ貨物取扱量約650万TEUで、ロサンゼルス港に次いで世界第17位となっている。ロングビーチ港のコンテナターミナルは7つの埠頭に配置されており、各ターミナルの配置および借受者は表 3-5のとおりである。ロングビーチ港のコンテナターミナルの内、Pier Tは水深16m以上の大水深コンテナバース（水深16.8m）となっており、約150万㎡のターミナル面積を有し、直線上に約1500mの岸壁を有するロングビーチ港最大規模のターミナルとなっている。ピア Tの位置を図 3-35に示す。

(2) 整備・供用年

1998年から整備に着手し、2002年8月から供用開始している。部分的には現在も整備工事を進めている。ターミナルオペレーターは、韓進海運の子会社でありロングビーチ港を本拠地とするトータル・ターミナルズ・インターナショナル (Total Terminals International: TTI) である。TTIは、ロングビーチの他に、オークランド、シア

トルでターミナル運営を行っており、これらの3か所でアメリカの西海岸で取り扱うコンテナ貨物の約15%を取り扱っている。半自動化をしており、船からの荷役はマニュアルでおこない、ヤードは自動化している。

(3) 整備主体

港湾施設の整備は基本的にはポートオーソリティ (The Port of Long Beach) が行っているが、防波堤の建設および岸壁から15m (50ft)以上離れた航路の浚渫は連邦政府が行っている。

(4) 連続バースの利用状況

TTIコンテナターミナルは、総面積155.8ha、14台のガントリークレーンを有し、一般貨物のコンテナを取り扱っている。連続バースT132-T140は総延長1,524mあり、大型コンテナ船のキャパシティー上限なく利用可能としている。

(5) 船社との関係

ターミナルオペレーターであるTTIの親会社である韓進海運は、中国船社のCOSCO（中国遠洋運輸集団）、台湾船社のYang Ming（陽明海運）、日本船社のK-Line（川崎汽船）とCKYHアライアンスを提携しており、当ターミナルの寄港船社は上記4社となっている。

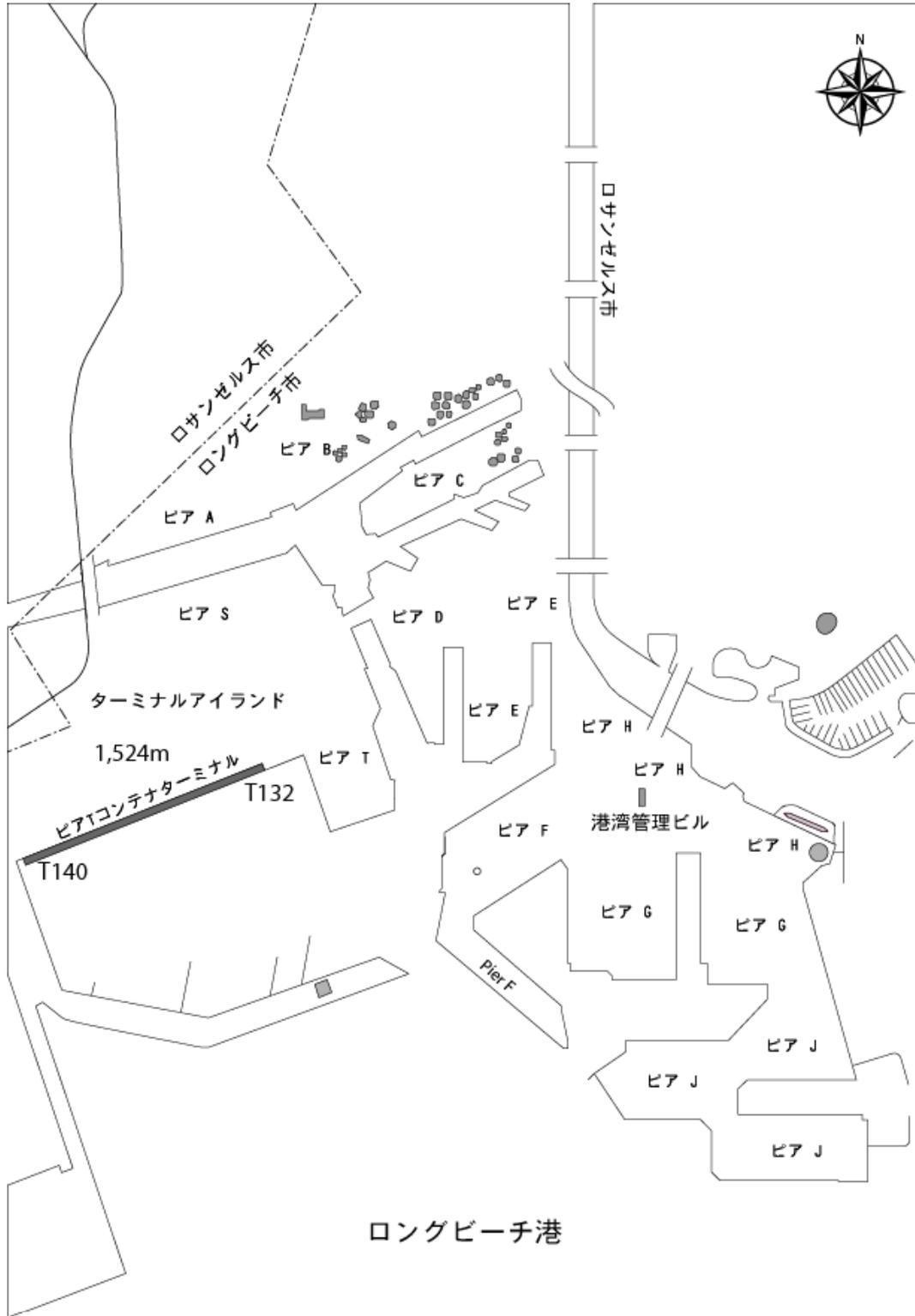


図 3-35 ロングビーチ港ターミナル配置図

表 3-5 ロングビーチ港コンテナターミナル借受者³⁾

埠頭	バース	借受者
ピア A	A88-A96	SSAT - ロングビーチターミナル, LLC
ピア C	C60-C62	SSA マリン・マツトソントーミナル
ピア E	E24-E26	カリフォルニア・ユナイテッド・ターミナル
ピア F	F6-F10	ロングビーチ・コンテナターミナル会社
ピア G	G226-G236	インターナショナル・トランスポート・サービス会社
ピア J	J243-J247, J266-J270	SSA マリン/パシフィック・マリタイム・サービス
ピア T	T132-T140	トータル・ターミナル・インターナショナル, LLC

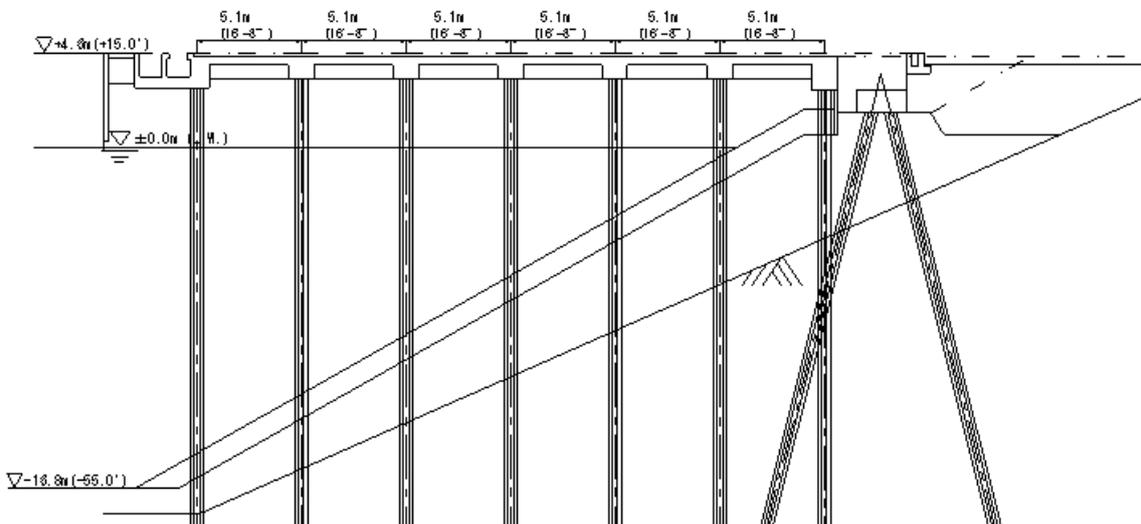


図 3-36 岸壁標準断面図

3.6.2 岸壁仕様

(1) 設計水深, 延長

ピア T に位置する TTI コンテナターミナルは, 設計水深 16.8m, 岸壁延長 1,524m であり, T132-T140 バースが一直線上にある。岸壁の天端高は 4.5m である。

(2) 構造

杭は幅 60cm の八角形のプレストレストコンクリートで法線方向に 5.5m ピッチ, 法線直角方向に約 5m ピッチに配置されている。幅 1.2m の格子桁の上は, 厚さ 38cm のスラブと厚さ 20cm のアスファルトコンクリート舗装となっている (図 3-36 参照)。

TTI コンテナターミナルの西側区間では栈橋の幅 30m を 5 か所の杭で支持しており, 最大の支間長は 13m あり高さ 1.5m のプレキャストのプレストレストコンクリート梁となっている。梁の上は厚さ 30cm のスラブ, そし

て表層は 20cm のアスファルト舗装となっている。

水深 16.8m の大水深護岸であるが, 栈橋背後の護岸部分は法面を被覆石で覆った盛土形式の護岸となっている。被覆石の厚さは 1m で, 勾配は 1:1.75 となっている

(3) 設計条件等

ロングビーチ港とロサンゼルス港は, 互いに競争・協力の関係にあり, 基本的な設計条件は同じだが, 個々の設計はケースバイケースとなっている。ロングビーチ港においては, 独自の設計基準を採用している。

設計基準: Port of Long Beach Wharf Design Criteria Version 2.0 1/30/2009

① 潮位

設計上の潮位は, H. H. W. L=1.65m, H. W. L=1.43m, L. W. L=0.28m, L. L. W. L=0.00m, M. S. L=0.85m としている。

ロングビーチ港ではNGVD29のMLLWを0.0mとして設計の基準面としている。

②風

風荷重の算出にあたっては、風速70MPH (31m/s) を基準としている。

③波浪

極めて静穏な港であり、波浪を設計上の条件として考慮していない。

④設計対象船舶

138,000DWTを対象船舶としている。

⑤土質

海底面下1.5m程度 (4~5ft) までは粘土層だが、それ以降は砂層となっている。

⑥地震

California State Lands Commission が独自の資金により、ロングビーチ地区内の岸壁および建物の9か所に振動計を設置し、地盤および構造物の震動を測定している。設計地震加速度は、供用時：OLE(Operating Level Earthquake)で0.22G、緊急時：CLE(Contingency Level Earthquake)で0.53Gである。

液状化対策として砕石ドレーンを行っている。

⑦上載荷重

栈橋の上載荷重は7.32t/m² (1,500psf) とし、杭の設計にはその80%の5.86t/m² (1,200psf) を用いている。

3.6.3 岸壁附帯施設

(1) 防舷材

防舷材の側面図は図 3-37のとおりである。

設計対象船舶は138,000DWT、接岸速度は13cm/s (0.425ft/sec)である。

TTIターミナルで使用されている防舷材は、水平/垂直変動制限装置付きの円筒型の防舷材であり、5.5m/11m交互のピッチで配置されている。表 3-6に防舷材の仕様をまとめる。

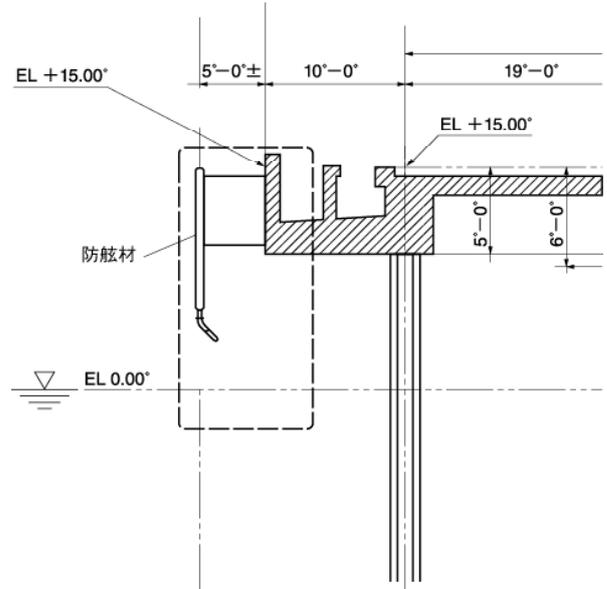


図3-37 防舷材側面図

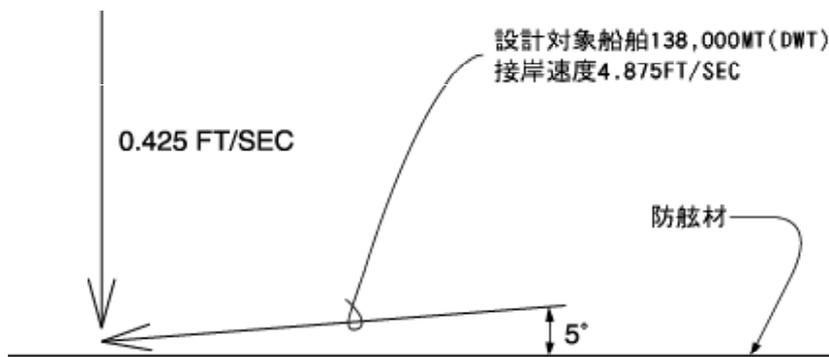


図3-38 接岸時の設計条件

表3-6 防舷材の仕様

項目	仕様
対象船舶	138,000DWT
設計接岸速度	13cm/s
接岸エネルギー	接岸角度5° のとき 48t・m
反力	113t
構造形式	水平/垂直制限装置付き円筒型
寸法	$\phi = n/a$ 、 $H=1.5m$ (フロントパネル含む)
設置間隔	5.5m/11m 交互

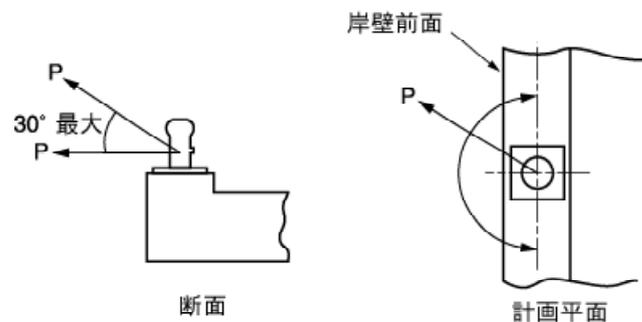


図 3-39 係船柱の設計条件

表 3-7 ガントリークレーン仕様

項目	内容	備考
名称	ZPMC カントリー・スーパー・ホスト・ナマックス・クレーンズ	
基数	14基	
荷役能力	65t(Under Spreader) 100t(Under Cargo Beam)	
アウトリーチ	61.5 m	22列対応
バックリーチ	23 m	
揚程	36.6 m (above rail) 55.1m(Total)	
基礎	プレストレストコンクリート杭	陸側は斜杭
レール間隔	30.48m	
自重	146t	

(2) 係船柱
TTIコンテナターミナルの係船柱は、100t対応の鋳鉄

製であり、各防舷材の背後に設置されており、5.5m/11m交互のピッチとなっている。図 3-39に係船柱の設計

条件を示す。係船柱は100tの荷重に対して1.25倍の安全率で設計している。

(3) その他附帯施設

車止めは、25.4cm×30.5cmの木製のものが用いられている。ガードレールの高さは84cmである。

現在、陸電は供給されていないが、今後200mに1か所のピッチで設置する予定としている。

(4) 接岸方式

船舶の接岸にあたっては、岸壁への進入角を5°、アプローチ速度を1.5m/s (4.875ft/sec)としている(図 3-3 8参照)。また、岸壁法線直角方向接岸速度は、最大でも12~13cm/sとなる様に接岸することとしている。ロングビーチ港およびロサンゼルス港において、合計27隻のタグボートを両港で使用している。

3.6.4 ガントリークレーン

TTIコンテナターミナルでのコンテナ貨物の年間取扱量は、2004年以降順調に増加し、2006年、2007年は2百万TEUを超える取扱があったが、2008年には2百万TEUを下回る取扱量(約190万TEU)に減じている。

TTIコンテナターミナルには、14台のスーパーポストパナマックス型ガントリークレーンが備えられている。定格荷重65~100トンの吊り上げ能力があり、横に22列のコンテナを積みメガコンテナ船に対応できるブームを持っている(表 3-7参照)。

陸側のクレーン基礎は、プレストレストコンクリートの斜杭になっているが、動的解析を行ったところ、頭部に破壊を生じる恐れがあることがわかり、点検の際、目視での確認が困難であることから、今後直杭に改良する予定としている。

3.6.5 エプロン・マーシャリングヤード

(1) 全体レイアウト

ピア T - TTIコンテナターミナルは、108.1haのストックヤード面積、62,000TEUの蔵置容量をもっている。

(2) 蔵置状況

リーファーコンテナは、岸壁から遠いレーンに1段積みで蔵置されている。ターミナルには1,850のリファープラグがあり、このうち200のリファープラグは240/480ボルトのデュアル対応となっている。このターミナルではオンシャーシー・リーファーの収容も可能となっており、リーファーコンテナ機器の洗浄施設も備わっている。

(3) 舗装状況

このターミナルは、オンシャーシー並びに直置コンテナの何れにも対応可能なスペースと機器を備えている。ターミナルの舗装は、ゴム・タイヤのガントリー・クレーン(RTG)も使用可能となっている。

コンテナヤードは基本的にはアスファルトコンクリートによって舗装されている。コンテナヤード154ha(381ac)のうち136ha(336ac)がアスファルトコンクリート舗装であり、残りの18ha(45ac)はゲート複合施設部でコンクリート舗装となっている。コンテナヤードの大部分は20cm(8in)の厚さのアスファルト舗装であり、岸壁に隣接した約61m(200ft)の幅の部分は30cm(12in)の厚さのアスファルト舗装となっている。また、駐車場の部分は10~15cm(4~6in)の厚さのアスファルト舗装となっている。

コンクリート舗装となっているゲート複合施設は、入り口専用ゲートが14レーン、出口専用ゲートが12レーン、出入り口兼用ゲートが4レーンあり、トラックスケール、守衛所、サインブリッジ、キャノピー、注意看板、方向案内標識、路面標示などからなっている。

ピア Tコンテナターミナルの舗装の設計は9つのセクションに分けて行っているが、マーシャリングヤードの舗装は原則2種類の舗装パターンになっている。次々項に舗装詳細図を示している。岸壁直背後は30cm(12in)の再生クラッシャーランの上に30cm(12in)のアスファルトコンクリート舗装となっているパターンで、場所により詳細図8,9,10のいずれかになっている。残りの荷さばき地ではcm(16in)の再生クラッシャーランの上に20cm(8in)のアスファルトコンクリート舗装となっているパターンで、場所によりいずれかになっている。

ヤードの整備にあたっては、液状化対策として、砕石ドレーンを実施している。施工範囲は、岸壁方向610m(2000ft)×奥行き24m(80ft)、表層12m(40ft)~15m(50ft)、ドレーンのピッチは3.7m(12ft)、径はφ76cm(2.5ft)~91cm(3.0ft)となっている。

(4) オンドック・レール

4本のオンドック・レールがターミナルの西側境界線に沿って伸びている。オンドック・レール施設は、ゲート、ターミナル・オペレーション、本船荷役と干渉せず、列車への積込・積卸ができる位置にある。

4. 超大型コンテナターミナルの設計項目の分析

4.1 岸壁仕様

(1) 水深

世界のコンテナ取扱量上位100港における、コンテナターミナルの最大水深は図 2-3に示すとおりである。同図に示すとおり、既に水深-16mを超える大型岸壁の建設が多くの港湾において実施されている。なお、同図においては、原則として、岸壁本体構造を基準として最大水深を表記している。このため、暫定水深で供用している場合にあっては、実際的水深と同図の水深が一致しない。この図によれば、大型化の傾向は、特に長距離基幹航路が寄港する欧州やアジアの主要港、トランシップ港において顕著であることが分かる。

コンテナ取扱上位100港の中で最大水深を有する港湾は、ロッテルダム港のユーロマックス・ターミナル（完成時の水深が-19.6m）である。同ターミナルは暫定供用中であり、現在的水深は-16.6mである。

設計対象船舶の満載喫水と岸壁前面水深の関係は、港湾により異なる事例が見受けられた。例えば、満載喫水-16mのコンテナ船を設計対象船舶としているゼーブルージュ港APMターミナルにおいては、岸壁前面水深が-18m（完成断面）であるのに対し、同じ-16m喫水のコンテナ船を設計対象とするアントワープ港ゲートウェイ・ドゥルガンクドックターミナルにおいては、岸壁前面水深が17mである。他方、我が国の技術基準においては、岸壁前面における余裕水深は満載喫水の1割程度を標準としているので、両港における設計の中間的な値を与えることになる。

我が国の技術基準においては、標準船型と同様、標準バースについても100,000DWT級のコンテナ船までしか提示されていないが、これを超える超大型のコンテナ船について、技術基準において余裕水深の考え方を示していくことが必要であると考えられる。

設計水深と計画水深の関係についても港湾により取扱の差異が見受けられた。例えば、ロサンゼルス港においては、-16.8mの計画水深に対し、設計水深を-17.4mとしている。一方、同港に隣接するロングビーチ港においては、計画水深、設計水深とも-16.8mである。また、両岸壁とも構造形式は、PC杭鉄筋コンクリート横棧橋である。

我が国の技術基準においては、「設計水深は、対象とする岸壁の計画水深のほか、構造形式、現地盤水深、

施工方法及び施工精度、係留施設前面の洗掘状況等を考慮して決定する。」と記述されているのみで、設計水深設定に関する具体的な判断基準は示されていない。例えば、アントワープ港ゲートウェイ・ドゥルガンクドックターミナルにおいて見られるような完全な陸上工事で断面を構築し、海底部を舗装工事により堅固に仕上げるような場合には、設計水深と計画水深は同一と見なしても問題がないと考えられるが、このようなものは極めて例外的である。大型のコンテナ岸壁については水深の僅かな変化が工費に大きな影響を及ぼすため、合理的な設計水深の設定方法について、できるだけ具体的な方法を示していくことが必要であると考えられる。

また、大型コンテナ岸壁の整備にあたっては、暫定水深で供用を開始し、適切な段階で最終断面に整備する手法が採られる場合がある。このような段階整備を前提とした場合、我が国における外力条件に照らして最も経済的・効率的に段階整備が可能となるような断面構造及び施工方法を取りまとめていくことも重要な課題になるものと考えられる。

(2) 延長

超大型船対応岸壁については、延長は400m以上必要となるが、連続バースとして船席を固定せずに一体的に運用することが一般的であるが、港湾によって差異がある。第3章において事例を取りまとめた全てのターミナルでは、大型コンテナ岸壁は、連続バースとして船席を固定せずに一体的に運用されている。このため、岸壁のスペックとしては、バースの総延長のみが表記されていたり、バース数に幅を持たせて表記されている事例が見受けられる。また、釜山新港のように便宜的にバース数を明記していても、1バースあたりの延長が設計対象船舶の全長よりも短く、一体運用を前提としている事例も見受けられる。

港湾の技術基準・同解説では、岸壁延長は、「当該岸壁を対象船舶が単独で利用することを前提として、対象船舶の全長に船首索及び船尾索に必要な長さを加えた値として設定する。」と規定されている。これは単独バースを基本とした考え方であり、この考え方に従えば、設計対象船舶に対応する単独バースとしての必要延長に船席数を乗じることにより、当該ターミナルにおける岸壁総延長が求まることになる。これは、第3章において記述した事例において見られた連続バースとしての設計方法とは異なるものである。

わが国においても超大型コンテナ船を対象とした岸壁については連続バースとして運用される可能性があることを踏まえ、連続バースの利用効率を最大化するよう

な岸壁延長設計手法を開発し、これを設計照査に活用できるように技術基準に取り入れていくことが重要であるものと考えられる。

なお、連続バースとして岸壁延長を設計する場合であっても、基本単位として超大型船1隻が必要とする単独バースとしての岸壁延長に関するデータが必要であるが、技術基準においては水深と同様に延長についても標準バースが100,000DWTのコンテナ船までしか示されていない。このため、この算定の考え方を具体的に示すことが必要であると考えられる。

(3) 本体構造

岸壁の構造として、わが国と同様に重力式あるいは栈橋式が採用されている。主構造材料としては、わが国の大型の栈橋構造で一般的な鋼材ではなく、鉄筋コンクリートが用いられることが多いようである。

本研究において収集した設計・施工事例のうち、特徴的なものは次のとおりである。

- ・大型の鉄筋コンクリートセル構造（外径：28.8m、部材厚75cm）の採用（ゼーブリュージュ港）（図 3-18、図 3-19参照）
- ・ドライ施工による大型L型擁壁の採用（高さ：約29m、幅：約24m、最大部材厚：約5m）；砂地盤にウエルポイントをかけ、-21mの深さまで掘削の後、場所打ちで擁壁を築造している。（アントワープ港）（図 3-13、図 3-14、図 3-15参照）
- ・連続地中壁を矢板壁とした上、上部を棚式構造として、上載荷重等による土圧が矢板壁に作用しないような構造としている（ロッテルダム港）。（図 3-5参照）
- ・大型ケーソンの接続部からの裏込め材の流出防止対策工の採用；ケーソン端部に突起部を設け、これらの面が突き合わさることができる空間に止水効果のあるコンクリートなどの材料を充填している（釜山港（幅：12m、高さ：20.6m、長さ：34.4m））。
- ・沈下促進工法の採用；サンドコンパクションパイル（改良率75%）によって改良された地盤上に築造されたケーソンの沈下を促進させるため、コンクリートブロックによって、250KN/m²の荷重を1ヶ月間載荷している。（釜山港）
- ・杭の打設における水ジェット工法の採用；栈橋のコンクリートPC杭の中央部に水ジェット用のパイプを埋め込み、水ジェットを作用させながら杭を打設している。（ロサンゼルス港）

これらの事例からも明らかなように、大型コンテナ船

を対象とした岸壁は極めて規模が大きく、建設コストも非常に大きくなるため、事業の経済的効率性及び財務的健全性を担保するため、設計・施工において種々の創意工夫が行われている。ここで示した設計・施工法には我が国の港湾とは外力条件、施工環境等が大きく異なる条件下で採用されたものも多く含まれているため、わが国においてそのままの形では適用が困難なものも多いが、これら設計・施工の基本的な考え方については、わが国においても参考とすることができる。

例えば、近隣地域での地下水位低下を緩和することができ、また、地震外力が大きい条件下での安全な施工が可能であれば、アントワープ港において採用された完全ドライ工法は興味深い工法である。その他、大型岸壁の裏込め材の流出防止工や重力式構造物設置後の沈下促進工法等についても、海外における事例も参考にしつつ、適切な方策を検討していくことが重要である。

4.2 岸壁付帯施設

(1) 防舷材

①構造形式

各ターミナルで使用されている防舷材は様々であるが、アントワープ港、ゼーブリュージュ港、ロサンゼルス港3港のターミナルでII形を採用している。次いで、セル型が釜山港、ロングビーチ港で見られた。

多くのターミナルでは、防衝板を取り付けた構造である。

②吸収エネルギー、反力

表 4-1に各ターミナルで得られた（あるいは推計可能な）防舷材の吸収エネルギー及び反力等を示す。最下欄は、ドイツの防舷材メーカーが最大級のコンテナ船に対応した防舷材の試設計において提案した数値である。試設計に用いた接岸速度、接岸角が不明であり、比較するのは難しいが、参考までに示している。この表によれば、

- ア. 吸収エネルギーは、120～160tf・mが一般的である。
- イ. Fender Team社が試算している様に北ヨーロッパ諸港では、200 tf・mを超える吸収エネルギーを想定している。
- ウ. ロングビーチ港の48tfmは極めて小さい値であり、採用している「水平／垂直変動制限装置」の効果で小さい値に抑え得るのか、複数の防舷材でエネルギーを吸収する設計方法であるのか不明であるが、コスト縮減の観点から詳細な分析が必要となる。
- エ. 反力についても、北ヨーロッパ諸港では400tf以

上を想定しているのに対し、他の港湾では、200tf以下となっている。

オ. 反力についても、コスト削減の観点から詳細な分析が必要となる。

巨大コンテナ船を対象としているターミナルであるが、防舷材の吸収エネルギー、反力の設計手法は必ずし

も統一されておらず、5倍以上の開きがあることもあった。接岸速度、接岸角、複数の防舷材を考慮するか否か、製品安全率の定め方等設計の前提が異なっているためと思慮され、コスト削減の観点から更なる検討が必要である。

表 4-1 防舷材の吸収エネルギー、反力等

港名	接岸速度	吸収エネルギー	反力	備考
釜山	12cm/sec	163tfm	n.a	
アントワープ	20～25cm/sec	268tfm	480tf	ゴム質 X100
ゼーブリュージュ	35cm/sec	192tfm	460tf	ゴム質 CP0
ロサンジェルス	12cm/sec	122tfm	165tf	
ロングビーチ	13cm/sec	48tfm	113tf	
(参考)Fender Team社試算	n.a	282tfm	408tf	

(2) 係船柱

表 4-2に各ターミナルの係船柱の形状、設計耐力等を示す。形状は曲柱（プサン港、アントワープ港、ゼーブリュージュ港）、が多い。また、直柱であるが、頭部が膨らんでいる形状のものもある（ロサンジェルス港、ロングビーチ港、ロッテルダム港）。配置間隔は20～30m程度としている場合が多い。設計耐力は150～200tf程度としている場合が多い。材料は鋳鉄製で空洞にコンクリートを詰める構造が一般的である。

8,000TEU積以上のコンテナ船対象の係船柱の牽引力

については、200tf程度であると考えることができる。

岸壁附帯施設については、防舷材の設計は統一されていないが、係船柱については我が国技術基準より小さい設置間隔となっている。港湾の施設の技術上の基準・同解説では、「50,000GT～100,000GTの曲柱の参考値：最大間隔45m」、「50,000GT～100,000GTの曲柱に作用する牽引力の標準値：1,000kN」となっている。100,000総トン以上については記載されていない。大型コンテナ船の船首尾係留索の本数や、連続バースとしての運用方法を踏まえ、間隔を適切に設計することが必要である。

表 4-2 係船柱の形状、設計耐力等

港名	形状（材質）	間隔	設計耐力
釜山	曲柱（鋳鉄）	34.5m	150tf
ロッテルダム	直柱	n.a	(200tf)
アントワープ	曲柱（鋳鉄）	n.a	200tf
ゼーブリュージュ	曲柱（鋳鉄）	31m	200tf
ロサンジェルス	直柱（鋳鉄）	9～20m	200tf
ロングビーチ	直柱（鋳鉄）	5.5～11m	100tf
(参考)南本牧 MC-1,2	曲柱（鋳鉄）	23m	100tf

4.3 ガントリークレーン

第3章で資料収集の対象とした大型コンテナターミナルについて、ガントリークレーンの仕様を比較した結果が表 4-3である。

これらのターミナルにおけるガントリークレーンの特徴は、以下のとおりである。

・全てが22列以上の対応となっており(釜山新港及びロッテルダム港は23列)、世界で現存する最大幅のコンテ

ナ船は22列積み・8隻就航であるので、現存する最大船型（幅）のコンテナ船の荷役が可能である。

- ・20フィートコンテナ2個を同時に積み卸しできるものも導入されている。
- ・定額荷重は50～100t程度である。
- ・クレーンの輪荷重は作業時については100～110t、暴風時は60～170t程度である。
- ・レール間隔は27～31m程度であるが、43m（プサン

港) の様に広いものもある。

・クレーンの自重は1,400程度である。

なお、比較のために参考として横浜港南本牧埠頭に導入されているメガガントリークレーンを表 4-3に示しているが、これは、海外の大型コンテナ船ターミナルにおけるガントリークレーンとほぼ同等の仕様である。

大型コンテナ船に対応可能なガントリークレーンは、レールスパンが30m~35mと広いため、既存岸壁を改良

してこれを設置する場合には、レールの基礎の設計において、十分留意が必要である。また、既存施設の改良により大型コンテナ船対応の施設を整備する場合には、限られた空間において極めて効率的なオペレーションを行うことが要求されるため、荷役機器及びターミナルシステムのスペックの設定にあたっては十分な注意が必要である。

表 4-3 ガントリークレーン比較

港名	基数	コンテナ貨物取扱量(万TEU)	ツインリフト	定格荷重						最大列	レールスパン(m)	最大リーチ(m)	バックリーチ(m)
				33	40	50	65	80	100				
釜山新港	12	100	可能			○	○	○	○	23	35.0	63.0	19.0
ロッテルダム	12	n.a	可能						○	23	n.a	n.a	n.a
アントワープ	6	79	可能						○	22	n.a	n.a	n.a
ゼーブリュージュ	7	80	-				○			22	31.0	62.5	n.a
ロサンゼルス	14	n.a	n.a				○	○		22	n.a	63.0	n.a
ロングビーチ	14	190	可能				○		○	22	30.5	61.5	23.0
(参考)南本牧MC-1,2	6	100	可能				○			22	30.0	63.0	16.0

表 4-4 マーシャリングヤードのターミナル比較表

港名	水深(m)	奥行き(m)	ターミナル面積(ha)	マーシャリングヤード(ha)	蔵置(TEU)
釜山新港	-18.0	600	68	34.6	9,260
ロッテルダム	-16.0	600	84	n.a	n.a
アントワープ	-17.0	400	126	n.a	6,000
ゼーブリュージュ	-16.0	470	48	20	n.a
ロサンゼルス	-16.8	500	196	180	52,000
ロングビーチ	-16.8	400	155	108	62,000
(参考)南本牧MC-1,2	-16.0	400	40	34	21,300

4.4 エプロン・マーシャリングヤード

第3章において資料の収集整理を行った大型コンテナターミナルのマーシャリングヤードの概要は以下に示すとおりである。なお、ターミナルの奥行きについては、ターミナル平面図からスケールにより計測した概算値である。

ターミナルの奥行きは、400m~600m程度となっている。釜山新港については、将来の需要増大等に備えて100m程度の余裕を持ってヤードをレイアウトしたとのこ

ともある。また、大規模なマーシャリングヤードにおいて効率的な荷捌きを行うため、ターミナル機器・ターミナルシステムについては各ターミナルとも創意工夫を行っている(表 4-4参照)。

大型コンテナターミナルのマーシャリングヤードの規模を設計する際には、ターミナル機器・システムの性能を考慮し、その最適化を検討することが必要であると考えられる。

また、舗装については、ヨーロッパ諸港ではコンクリ

ート舗装（表層厚20～30cm）が多く、アメリカ、韓国
の諸港ではアスファルトコンクリート舗装（表層厚20
cm程度）が多い。大型コンテナターミナルであっても、
舗装厚を決定する際の外力条件は、通常のコンテナター
ミナルと変わらないことから、大型化に関する特段の配
慮は要しないと考えられる。

5. 港湾施設に対する各国で採用されている技術 基準の比較

海外において、港湾施設を整備する際に採用されてい
る設計標準、技術基準等の基準類について比較検討を行
う。

検討対象地域は、アメリカ、ヨーロッパ(スペイン)、
アジア(中国)とし、以下の基準類を対象とする。
・アメリカ 陸軍工兵隊(United States Army Corps of Engi
neers, 以下「COE」とする。)の各種基準・マニュアル類⁴⁾
・スペイン Recommendations for Maritime Structures (以
下「ROM」とする。)⁵⁾
・中国 Technical Codes for Port Engineering⁶⁾

アメリカCOEは、複数の基準・マニュアル類からなり、「安
全率法 + 信頼性設計（限界状態設計法）」が採用されて
いる。

スペイン (ROM)は、港湾構造物の設計基準類としてまと
められていて、SERIという考え方にに基づく信頼性設計法と安
全率法が採用されている。

中国のTechnical Codes for Port Engineeringは、部分係
数法である。

検討対象施設は、外郭施設(防波堤)、係留施設(岸
壁)とし、各施設の要求性能、性能規定、照査手法等を
比較検討する。各施設の比較検討結果を整理して表 5-1
(1)～表 5-5(2)に示す。

5.1 各国基準の比較結果の概要

(1) 設計体系

日本の港湾基準は、系統立てて性能規定化され要求性
能および性能規定が明示されているが、COEおよび中国
の基準に関しては明示されていない。また、ROMに関
しては要求性能は明示されていないが、安全率は、対象
施設が被災した場合に、社会、環境に及ぼす影響の度合
い (SERI)、破壊確率 p_f 、信頼性指標 β ULS により設
定されており、信頼性設計法の一つと考えられる。

(2) 設計手法

①外郭施設 (防波堤)

COEに関しては、混成堤の安定照査に関する記述がな
い。その他の国の基準に関しては日本と同様に部分係数
法が採用されている。その中でも、目標破壊確率が明示
されているのは日本の港湾基準とROMのみである。

日本の港湾基準と海外の基準とでは基礎の支持力の考
え方が異なり、偏心傾斜荷重による支持力の検討は日本
のみである。

②係留施設 (岸壁)

日本の港湾基準および中国の基準では、部分係数法・
限界状態設計法による照査方法が採用されている。一方、
ROMでは照査方法として安全率法・限界状態設計法を
採用しているが、使用される安全率は、対象施設が被災
した場合に社会や環境に及ぼす影響の度合い(SERI)およ
び破壊確率に基づいて設定されている。COEに関しては、
安全率法と許容応力度法(矢板の応力照査)・限界状態
設計(配筋計算)を用いて照査することとなっている。

地震動は各国とも設計震度を用いて慣性力を算定する。

6. まとめ

本分析では、世界の大型コンテナターミナルの設計条
件の分析を実施した。

これにより、以下の解析結果を得ることができた。

① コンテナ船の大型化は大きく進展しており、既に約
260隻以上の超大型コンテナ船(8,000TEU積み以上)が
就航している。また、パナマ運河の拡張工事により、超
大型船の約70%が通行可能になる。

② 超大型船の航路と寄港数は、8,000TEU以上で全世
界49港239航路、10,000TEU以上で17港16.4航路である。
コンテナ取扱上位19位以上の港湾については、全港に
8,000TEU積み以上の大型コンテナ船が就航している。

また、上位100港のうち、2008年に四大オペレーター
によるコンテナ取扱があった港湾は58港であり、取り扱
い貨物量は世界の総コンテナ貨物量の45.6%に上る。四
大ターミナルオペレータは、主に大型船が寄港する港湾
に進出が見られる。

③ 超大型コンテナ船の就航に合わせて、世界各地で超
大型のコンテナターミナルの整備が進んでいる。設計変
更により大水深化を図るケース(釜山港など)や将来の
増深(ロッテルダム港、ゼーブルージュ港)に対応した
構造などが多い。

④ ターミナルの整備の際には独自の基準、設計法によ

り創意工夫し、経済性を担保している。

⑤ アメリカのCOEでは、安全率法と限界状態設計法が採用されている。スペインのROMは、SERIという考え方に基づく信頼性設計法と安全率法が採用されている。中国のTechnical Codes for Port Engineeringは、部分係数法である。

⑤ COEおよび中国の基準に関しては要求性能および性能規定が明示されていない。また、ROMに関しては要求性能は明示されていないが、目標とする破壊確率と信頼性指標が明示されている。

これらの結果は、今後のコンテナターミナルの整備のコストの削減などの検討などの際の基礎資料となると考えている。

また、今回は分析対象としなかった港湾等におけるコンテナターミナルの分析などについて今後検討したい。

謝辞

最後に本研究に際しては、高橋宏直前港湾研究部長にご協力いただいた。また、多くの方々にご協力を得ることによって本分析をとりまとめることが出来た。ここに深く感謝の意を表します。

(2011年3月29日受付)

参考文献

- 1) (社)日本港湾協会(2007)：港湾の施設の技術上の基準・同解説
- 2) Informa Cargo Information : Containerisation International, (2009)
- 3) The Port of Long Beach: Annual Report 2008
- 4) United States Army Corps of Engineers (COE) :Geophysical Exploration for Engineering and Environmental Investigations (1995), Geotechnical Investigations (2001), Coastal Engineering Manual (2008), Engineering and Design - Bearing Capacity of Soils (1992), Environmental Engineering for Coastal Shore Protection (1989), Hydrologic Frequency Analysis (1993), Hydraulic Design of Deep Draft Navigation Projects (2006), Design of Coastal Revetments, Seawalls, and Bulkheads (1995), Hydraulic Design of Small Boat Harbors (1984), Slope Stability (2003), Laboratory Soils Testing (1970, 1986), Strength Design for Reinforced-Concrete Hydraulic Structures (1992, 2003), Design of Hydraulic Steel Structures (1994), Test Quarries and Test Fills (1994), Construction with Large Stone (1990), Retaining and Flood Walls (1989), Design of Sheet Pile Walls (1994), Cathodic Protection Systems for Civil Works Structures (2004), Design of Pile Foundations (1991), Dredging and Dredged Material Disposal (1983), Beneficial Uses of Dredged Material (1987), Response spectra and seismic analysis for concrete Hydraulic structures (1999), Engineering and Design - Time-History Dynamic Analysis of Concrete Hydraulic Structures (2003), Engineering and Design - Earthquake Design and Evaluation of Concrete Hydraulic Structures (2007)
- 5) Puertos del Estado: Recommendations for Maritime Structures (ROM), (2001)
- 6) SECTOR STANDARDS OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA: Technical Codes for Port Engineering, (2000)

表-5.1(1) 各国の設計基準の比較 (設計条件)

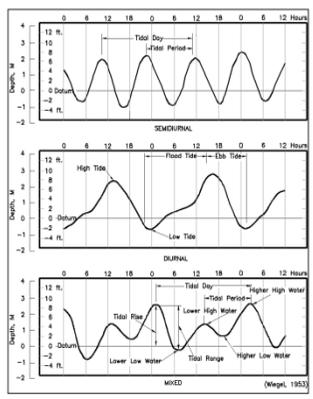
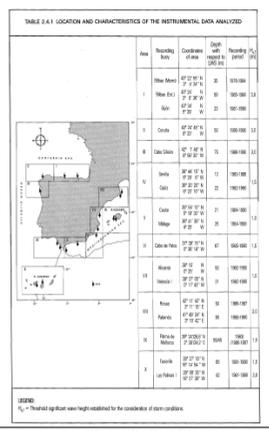
国名	日本	スペイン	中国	
基準名	港湾の施設の技術上の基準・同解説 平成19年4月	Corps of Engineers (COE)	Technical Codes for Port Engineering	
設計体系	部分係数法	安全率法+信頼性設計	部分係数法	
潮位	<p>① 平均水面 (M.S.L.) ある期間の海面の平均の高さに位置する面をその期間の平均水面という。実用上は1ヶ年の潮位を平均して平均水面とする。</p> <p>② 最低水面 (C.D.L.) 平均水面から主要4分潮 (M2, S2, K1, O1) の振幅の和だけ低い水準面である。海図の水深の基準に使われている。</p> <p>③ 期望平均満潮面 (位) (H.W.L.) 期望の日から前2日後4日以内に現れる各月の最高満潮面を平均した水面である。</p> <p>④ 期望平均干潮面 (位) (L.W.L.) 期望の日から前2日後4日以内に現れる各月の最低干潮面を平均した水面である。</p>	 <p>Figure 8-5-16. Types of tides (Shore Protection Manual 1984)</p>	<p>各港で潮位が与えられている。</p>  <p>TABLE 2.4.1. LOCATION AND CHARACTERISTICS OF THE INSTRUMENTAL DATA ANALYZED</p>	$h_s = A_N \pm (0.6R + K) \quad (A.0.2-1)$ $A_N = A + \Delta A \quad (A.0.2-2)$ <p>Where h_s— DHW (m) with positive sign or DLW (m) with minus sign;</p> <p>R— the mean tidal range derived from observation data for a minimum of one month, the tidal range in winter should not be used for ports in north region;</p> <p>K— the constant, which may be 0.4m generally;</p> <p>A_N— the annual mean sea level;</p> <p>A— the monthly mean sea level derived from short term observation data;</p> <p>ΔA— the monthly correction value of the sea level at the location or in the vicinity of the port;</p>
参照先	(上)P120	EM1110-2-1100 Part II-Chap 5	ROM-03-91.P34	
残留水位	重力式: $L.W.L. + (H.W.L. - L.W.L.) / 3$ 矢板式: $L.W.L. + (H.W.L. - L.W.L.) \times 2 / 3$	-	重力式: $L.W.L. + 0.15 \times (H.W.L. - L.W.L.)$ 矢板式: $L.W.L. + 0.30 \times (H.W.L. - L.W.L.)$	
参照先	(上)P959、(上)P990	-	3.4.7 P1308、P1548	
地震時上載荷重	永続時の1/2	-	荷重は荷物の種類、常時・一時的・偶発等に応じて設定された荷重及び係数を組み合わせて設定する。	
参照先	(上)P416	-	-	
地震動の使い分け	レベル1地震動 レベル2地震動	Maximum credible earthquake (MCE). Maximum design earthquake (MDE). Operating basis earthquake (OBE).	地震動の使い分けは無い	
参照先	(上)P330	ER1110-2-1808 P4	-	
設計震度	時刻歴波形を用いた地震応答解析を行い、周波数特性や継続時間の影響を考慮して設定する。 震度は構造形式ごとに設定し、鉛直震度は考慮しない。	緯度・経度、再現期間、地盤種別、震源から対象地点までの距離等を入力するとPGAや加速度応答ベクトルを表示してくれるプログラムが公開されている。	Spanish Map of Seismic Hazard (NOSE-02)から読み取る 鉛直震度を考慮する(水平震度の1/2)	
参照先	(上)P59	EM1110-2-6053 P4-17、B-5、C-16	III.P387	
見掛けの震度	横井・新井の式	-	-	
参照先	(上)P377	-	-	
地震時土圧	物部・岡部の式	物部・岡部の式	物部・岡部の式(鉛直震度考慮)	
参照先	(上)P375	EM1110-2-2502 P3-61	III.P279、P389	
動水圧	$p_{dw} = \pm \frac{7}{8} k_h \rho_w g \sqrt{H y}$ <p>ここに、 p_{dw}: 動水圧 (kN/m²) k_h: 震度 $\rho_w g$: 水の単位体積重量 (kN/m³) y: 水面から動水圧を求める点までの深さ (m) H: 水深 (m) L: 水が占める空間の振動方向の長さ (m)</p>	$p = \frac{7}{8} \gamma_w a_s \sqrt{H y} \quad (B-4)$ <p>where p = lateral pressure at a distance y below the pool surface γ_w = unit weight of water a_s = maximum acceleration of the supporting lock wall due to the OBE (expressed as a fraction of gravitational acceleration g) H = pool depth y = distance below the pool surface</p>	$\Delta E_w = \pm \frac{7}{12} \frac{\gamma_w}{g} \gamma_w h^3$ <p>where: ΔE_w = increase in free water pressure caused by the earthquake. h = depth of free water. g = gravity acceleration. γ_w = unit weight of the water.</p>	$p_s = \frac{7}{8} \eta C_K \gamma_w a_s^2 Z^2$ <p>Where p_s— characteristic value of seismic hydrodynamic pressure at depth Z below water surface (kPa); h— depth of free water; η— coefficient of reduction, to be obtained from Table 5.4.1; C— coefficient of synthetic effect, to be taken as 0.25; γ_w— weight density of water (kN/m³); d— water depth (m); Z— distance from the calculated point to water surface (m).</p>
参照先	(上)P380	EM1110-2-2105 B-2	III.P388、P391	

表-5.1(2) 各国の設計基準の比較 (設計条件)

国名	日本	アメリカ	スペイン	中国																										
基準名	港湾の施設の技術上の基準・同解説 平成19年4月	Corps of Engineers (COE)	Recommendations on Maritime (ROM)	Technical Codes for Port Engineering																										
壁面摩擦角	主働側: 15°、受働側: -15° 通常、±15~20° の値を用いることができる。裏込材のせん断抵抗角の1/2 程度を目安とすることができる。	<p>Table 3-3 Values of δ for Various Interfaces (after U.S. Department of the Navy 1982)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Soil Type</th> <th>δ (deg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(a) Steel sheet piles</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Clean gravel, gravel sand mixtures, well-graded rockfill with spalls</td> <td>22</td> </tr> <tr> <td>Clean sand, silty sand-gravel mixture, single-size hard rockfill</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>Silty sand, gravel or sand mixed with silt or clay</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>Fine sandy silt, nonplastic silt</td> <td>11</td> </tr> </tbody> </table>	Soil Type	δ (deg)	(a) Steel sheet piles		Clean gravel, gravel sand mixtures, well-graded rockfill with spalls	22	Clean sand, silty sand-gravel mixture, single-size hard rockfill	17	Silty sand, gravel or sand mixed with silt or clay	14	Fine sandy silt, nonplastic silt	11	<p>Table 3.1. Maximum values for the angle of friction between soil and steel, depending on the diameter of the pile, ϕ</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Perfectly smooth face (*)</th> <th colspan="2">Caissons and Caissons</th> </tr> <tr> <th>Soils, Long Term</th> <th>Soils, Short Term</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Steel</td> <td>0.07ϕ</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Precast concrete/other types of cast-in-place concrete</td> <td>0.07ϕ</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Concrete cast against the ground</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <p>* Treated with asphalt, wax, bitumen etc.</p>	Perfectly smooth face (*)	Caissons and Caissons		Soils, Long Term	Soils, Short Term	Steel	0.07 ϕ	0	Precast concrete/other types of cast-in-place concrete	0.07 ϕ	0	Concrete cast against the ground	0	0	重力式: 主働側: (1/3~2/3) ϕ 矢板式: 主働側: (1/3~1/2) ϕ 受働側: (-2/3) ϕ
Soil Type	δ (deg)																													
(a) Steel sheet piles																														
Clean gravel, gravel sand mixtures, well-graded rockfill with spalls	22																													
Clean sand, silty sand-gravel mixture, single-size hard rockfill	17																													
Silty sand, gravel or sand mixed with silt or clay	14																													
Fine sandy silt, nonplastic silt	11																													
Perfectly smooth face (*)	Caissons and Caissons																													
	Soils, Long Term	Soils, Short Term																												
Steel	0.07 ϕ	0																												
Precast concrete/other types of cast-in-place concrete	0.07 ϕ	0																												
Concrete cast against the ground	0	0																												
参照先	(上),P373、(上),P959、(上),P987	EM1110-2-2504_P3-2、P3-4	P305	Vol2_P1390、P1550、P1315																										
液状化判定	粒度・N値法による判定と繰り返し三軸試験結果による判定がある。	Seedの簡易手法	$F = \frac{CRR}{CSR}$ <p>CRR: Cyclic Resistance Ratio CSR: Cyclic Shear Stress Ratio</p>	$N_{63.5} < N_{cr} \quad (4.2.4-1)$ <p>Where $N_{63.5}$—measured value of standard penetration resistance in blow count for saturated soil without correction for rod length; N_{cr}—critical value of standard penetration resistance in blow count for liquefaction discrimination.</p>																										
参照先	(上),P383-389	EM1110-2-2502_P5-11																												

表-5.2(1) 各国の設計基準の比較 (外郭施設、防波堤)

国名	日本	アメリカ	スペイン	中国															
基準名	港湾の施設の技術上の基準・同解説 平成19年4月	Corps of Engineers (COE)	Recommendations on Maritime (ROM)	Technical Codes for Port Engineering															
要求性能	<p>第十四条 防波堤の要求性能は、港湾内の水域の静穏を維持することにより、船舶の安全な航行、停泊又は係留、貨物の円滑な荷役及び港湾内の建築物、工作物その他の施設の保全を図るものとして、構造形式に応じて、次の各号に定めるものとする。</p> <p>一 港湾内に侵入するつなみを低減することできるよう、国土交通省大臣が定める要件を満たしていること。</p> <p>二 自重、変動波浪、レベル1地震動等の作用による損傷等が、当該防波堤の機能を損なわず継続して使用することに影響を及ぼさないこと</p> <p>2.前項に規定するもののほか、次の各号に掲げる防波堤の要求性能にあつては、それぞれ当該各号に定めるものとする。</p> <p>一 高潮又は津波から当該防波堤の背後地を防護する必要がある防波堤の要求性能 高潮又は津波による港湾内の水位の上昇及び流速を適切に抑制できるよう、国土交通大臣が定める要件を満たしていること。</p> <p>二 不特定かつ多数の者の利用に供する防波堤の要求性能 当該防波堤の利用者の安全を確保できるよう、国土交通大臣が定める要件を満たしていること。</p> <p>三 当該防波堤の被災に伴い、人命、財産又は社会経済活動に重大な影響を及ぼす恐れのある防波堤の要求性能 構造形式に応じて、津波、偶発波浪、レベル2地震動等の作用による損傷等が、当該防波堤の機能が損なわれない場合でも、当該防波堤の構造の安定に重大な影響を及ぼさないこと。ただし、津波から当該防波堤の背後地を防護する必要がある防波堤の要求性能に当たっては、津波、レベル2地震等の作用による損傷等が、軽微な修復による当該防波堤の機能の回復について影響を及ぼさないこと。</p>	-	-	<p>・要求性能として明記されているわけではないが、性能性照査内容から、日本とほぼ同様な要求性能と思われる。</p> <p>・要求性能として明記されているわけではないが、性能性照査内容から、日本とほぼ同様な要求性能と思われる。</p>															
参照先	(上)P3、(下)P814	-	IV.P471	-															
性能規定	<p>第三十四条 防波堤に共通する性能規定は、次の各号に定めるものとする。</p> <p>一 第三十一条第三号に規定する静穏度を満たすよう適切に配置され、かつ、許容される伝達波高以下となる所要の諸元を有すること</p> <p>二 消波構造を有する防波堤にあつては、所要の防波機能を発揮できる諸元を有すること。</p> <p>2. 前項に規定するもののほか、次の各号に掲げる防波堤の性能規定にあつては、それぞれ当該各号に定めるものとする。</p> <p>一 高潮から背後地を防護する必要がある防波堤の性能規定 高潮による港湾内の水位の上昇及び流速を低減させるよう適切に配置され、かつ、所要の諸元を有すること。</p> <p>二 津波から背後地を防護する必要がある防波堤の性能規定 津波による港湾内の水位上昇及び流速を低減させるよう適切に配置され、かつ、所要の諸元を有すること。</p> <p>三 不特定かつ多数の者の利用に供する防波堤の性能規定 当該施設がおかれる自然状況、利用状況等に応じて、利用者の安全が確保できるよう、所要の諸元を有すること。</p> <p>四 当該施設の被災に伴い人命、財産又は社会経済活動に重大な影響を及ぼす恐れのある防波堤の性能規定 主たる作用が津波、偶発波浪又はレベル2地震動である偶発状態に対して、要求性能に応じて作用による損傷の程度が限界値以下であること。</p> <p>第三十五条 重力式防波堤の性能規定は、次の各号に定めるものとする。</p> <p>一 主たる作用が待たれる永続状態に対して、地盤のすべり破壊に生じる危険性が限界値(標準的な値：$P_f=4.5 \cdot 10^{-7}$)以下であること。</p> <p>二 主たる作用が変動波浪及びレベル1地震動である変動状態に対して、堤体の滑動、転倒及び基礎地盤の支持力不足による破壊の生じる危険性が限界値(標準的な値：$P_f=8.7 \cdot 10^{-7}$)以下であること。</p>	-	<p>・性能規定は明記されていないが、日本の港湾基準と同様に、波浪、地震動等の作用に対して、各破壊モード(滑動、転倒、基礎の支持力、円弧すべり)に対する破壊確率が限界値以下となるように照査が実施される。</p> <p>・目標破壊確率(限界値) p_{fi}は、対象施設が被災した場合に、社会、環境に及ぼす影響の度合い(SERI)ごとに設定される。</p> <p>Minimum values for the safety factors against horizontal sliding Works with Low SERI(5-19)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>SERI</th> <th><5</th> <th>5-19</th> <th>20-29</th> <th>≥30</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>p_{fi} ULS</td> <td>0.20</td> <td>0.10</td> <td>0.01</td> <td>0.0001</td> </tr> <tr> <td>β ULS</td> <td>0.84</td> <td>1.28</td> <td>2.32</td> <td>3.71</td> </tr> </tbody> </table> <p>SERI: 社会、環境に及ぼす影響の度合い <5: 影響なし、5-19: 影響小、20-29: 影響大、30 ≥: 影響極大 p_{fi}: 破壊確率、β: 信頼性指標</p>	SERI	<5	5-19	20-29	≥30	p_{fi} ULS	0.20	0.10	0.01	0.0001	β ULS	0.84	1.28	2.32	3.71	<p>・性能規定は明記されていないが、日本の港湾基準と同様に、波浪、地震動等の作用に対して、各破壊モード(滑動、転倒、基礎の支持力、円弧すべり)に対する破壊確率が限界値以下となるように照査が実施される。</p> <p>・目標破壊確率(限界値)は明示されていない。</p>
SERI	<5	5-19	20-29	≥30															
p_{fi} ULS	0.20	0.10	0.01	0.0001															
β ULS	0.84	1.28	2.32	3.71															
参照先	(上)P16-17、(下)P814、(下)P822	-	-	-															
標準的な性能照査手法	部分係数法	-	安全率法(部分係数法)	部分係数法															
特徴	<p>・性能規定型の基準であり、部分係数法(レベル1信頼性設計法)が標準的な外的安定性照査方法となっている。</p> <p>・信頼性設計法についてレベル1(部分係数法)、レベル2(信頼性指標)、レベル3(破壊確率)の概要が記述されている。</p>	<p>・傾斜堤の被覆材に関しては、安定性照査法の記述があるが、混成堤本体の安定性照査法(滑動、転倒、基礎の支持力、円弧すべり)は明示していない。</p>	<p>・安全率は、対象施設が被災した場合に、社会、環境に及ぼす影響の度合い(SERI)により、破壊確率p_{fi}及び信頼性指標βが設定されている。</p> <p>・信頼性設計法についてレベル1(部分係数法)、レベル2(信頼性指標)、レベル3(破壊確率)の概要が記述されている。</p>	<p>・部分係数が照査項目別に設定されているが、目標破壊確率についての記述はない。</p>															
参照先	(上)P60-77	-	-	-															

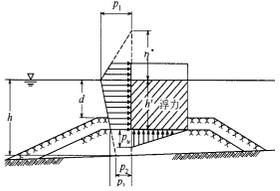
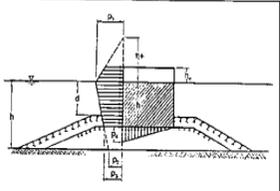
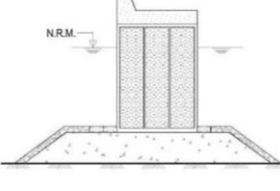
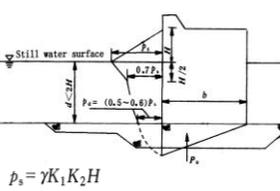
国名	日本	アメリカ	スペイン	中国																																																																											
基準名	港湾の施設の技術上の基準・同解説 平成19年4月	Corps of Engineers (COE)	Recommendations on Maritime (ROM)	Technical Codes for Port Engineering																																																																											
堤体の滑動	<p>・作用波力は合田式により算定する。</p>  $\eta^* = 0.75(1 + \cos \beta) \lambda H_D$ $P_1 = 0.5(1 + \cos \beta) (\alpha_1 \lambda_1 + \alpha_2 \lambda_2 \cos^2 \beta) \rho_0 g H_D$ $P_2 = \frac{P_1}{\cosh(2\pi h/L)}$ $P_3 = \alpha_3 P_1$ <p>・照査方法は部分係数法を用いる。照査式を以下に示す。</p> $f_d(W_d - P_{B_d} - P_{U_d}) \geq P_{H_d}$ <p>ここに、 f : 壁体底面と基礎との摩擦係数 W : 壁体の重量 (kN/m) P_B : 浮力 (kN/m) P_U : 揚圧力 (kN/m) P_H : 水平波力 (kN/m)</p>	<p>・作用波力は合田式により算定する。</p>  $P_1 = (\alpha_1 + \alpha_2) \gamma_c H_D \quad \alpha_1 = 0.6 + \frac{1}{2} \left[\frac{4\pi h/L}{\sinh(4\pi h/L)} \right]$ $P_3 = \alpha_3 P_1$ $P_4 = \left(1 - \frac{h_c}{1.5 H_D} \right) P_1 \quad \alpha_2 = \min \left[\left(\frac{h_c - d}{3h_c} \right) \left(\frac{H_D}{d} \right), \frac{2d}{H_D} \right]$ $\alpha_3 = 1 - \frac{d}{h} \left[1 - \frac{1}{\cosh \left(\frac{2\pi h}{L} \right)} \right]$ <p>γ_c = specific weight of water h_c = height of crest of caisson above swl d = depth at top of rubble mound h = depth at base of caisson H_D = highest of the random waves breaking at a distance of $5H_D$ seaward of the structure; H_D is the significant wave height of the design sea state h_c = water depth where H_D is determined h = water depth at toe of compound breakwater L = wave length calculated by linear wave theory at the structure for wave period of H_D</p> <p>・傾斜堤の被覆材の安定性照査方法に関する記述はあるが、直立式混成堤の安定性照査方法に関する記述はない。</p>	<p>・作用波力の算定方法は不明。</p>  <p>・照査方法は安全率法を用い、安全率Fは、対象施設が被災した場合に、社会、環境に及ぼす影響の度合い(SERI)、および破壊確率pfにより設定されている。部分係数の一種と考えられる。</p> <table border="1"> <tr> <td>SERI</td> <td><5</td> <td>5-19</td> <td>20-29</td> <td>≥30</td> </tr> <tr> <td>pf,ULS</td> <td>0.20</td> <td>0.10</td> <td>0.01</td> <td>0.0001</td> </tr> <tr> <td>β,ULS</td> <td>0.84</td> <td>1.28</td> <td>2.32</td> <td>3.71</td> </tr> </table> <p>SERI: 社会、環境に及ぼす影響の度合い <5: 影響なし、5-19: 影響小、20-29: 影響大、30 ≥ : 影響極大 pf: 破壊確率、β : 信頼性指標</p> $F \leq \frac{H(\text{failure})}{H}$ <p>$H(\text{failure})$ = horizontal load producing failure H = acting horizontal load F = safety factor shown in Table 3.5.5</p> <p>Minimum values for the Safety Factors Against Horizontal Sliding. Works with Low SERI (5 - 19) 水平滑動に対する安全率の最小値、低SERI作用(5-19)</p> <table border="1"> <tr> <th>Load Combinatin</th> <th>Sliding Safty Factor, F</th> </tr> <tr> <td>Quasi-Permanent, F1</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td>Fundamental, F2</td> <td>1.3</td> </tr> <tr> <td>Accidental or seismic, F3</td> <td>1.1</td> </tr> </table>	SERI	<5	5-19	20-29	≥30	pf,ULS	0.20	0.10	0.01	0.0001	β,ULS	0.84	1.28	2.32	3.71	Load Combinatin	Sliding Safty Factor, F	Quasi-Permanent, F1	1.5	Fundamental, F2	1.3	Accidental or seismic, F3	1.1	<p>・作用波力は下式により算定する(砕波領域の場合を例示)。</p>  $P_s = \gamma K_1 K_2 H$ <p>γ : 海水の単位体積重量、H: 設計波高、K_1, K_2: 係数</p> <p>・照査方法は部分係数法を用いる。照査式を以下に示す。</p> $\gamma_0 \gamma_p P \leq (\gamma_G G - \gamma_u P_u) f + \gamma_E E_b$ <p>部分係数の一例(波力)</p> <table border="1"> <tr> <th colspan="2">Coefficient K_1</th> <th colspan="6">Table 8.1.6-1</th> </tr> <tr> <td>i</td> <td>1/10</td> <td>1/25</td> <td>1/40</td> <td>1/50</td> <td>1/60</td> <td>1/80</td> <td>≤1/100</td> </tr> <tr> <td>K_1</td> <td>1.89</td> <td>1.54</td> <td>1.40</td> <td>1.37</td> <td>1.33</td> <td>1.29</td> <td>1.25</td> </tr> </table> <p>Note: Gradient i can be the mean value within a certain range in front of the structure</p> <table border="1"> <tr> <th colspan="2">Coefficient K_2</th> <th colspan="6">Table 8.1.6-2</th> </tr> <tr> <td>$\frac{1}{H}$</td> <td>14</td> <td>15</td> <td>16</td> <td>17</td> <td>18</td> <td>19</td> <td>20</td> <td>21</td> <td>22</td> </tr> <tr> <td>K_2</td> <td>1.01</td> <td>1.06</td> <td>1.12</td> <td>1.17</td> <td>1.21</td> <td>1.26</td> <td>1.30</td> <td>1.34</td> <td>1.37</td> </tr> </table> <p>P, P_u: 水平波力、揚圧力、G: 壁体重量(浮力考慮) E_b: 裏込め石による抵抗力、f: 摩擦係数、γ: 部分係数</p>	Coefficient K_1		Table 8.1.6-1						i	1/10	1/25	1/40	1/50	1/60	1/80	≤1/100	K_1	1.89	1.54	1.40	1.37	1.33	1.29	1.25	Coefficient K_2		Table 8.1.6-2						$\frac{1}{H}$	14	15	16	17	18	19	20	21	22	K_2	1.01	1.06	1.12	1.17	1.21	1.26	1.30	1.34	1.37
	SERI	<5	5-19	20-29	≥30																																																																										
pf,ULS	0.20	0.10	0.01	0.0001																																																																											
β,ULS	0.84	1.28	2.32	3.71																																																																											
Load Combinatin	Sliding Safty Factor, F																																																																														
Quasi-Permanent, F1	1.5																																																																														
Fundamental, F2	1.3																																																																														
Accidental or seismic, F3	1.1																																																																														
Coefficient K_1		Table 8.1.6-1																																																																													
i	1/10	1/25	1/40	1/50	1/60	1/80	≤1/100																																																																								
K_1	1.89	1.54	1.40	1.37	1.33	1.29	1.25																																																																								
Coefficient K_2		Table 8.1.6-2																																																																													
$\frac{1}{H}$	14	15	16	17	18	19	20	21	22																																																																						
K_2	1.01	1.06	1.12	1.17	1.21	1.26	1.30	1.34	1.37																																																																						
参照先	(上)P190、(上)P189、(下)P829	EM1110-2-1614 P2-19																																																																													
堤体の転倒	<p>・照査方法は部分係数法を標準とする。照査式を以下に示す。</p> $a_1 W_d - a_2 P_{B_d} - a_3 P_{U_d} \geq a_4 P_{H_d}$ <p>ここに、 W : 壁体の重量 (kN/m) P_B : 浮力 (kN/m) P_U : 揚圧力 (kN/m) P_H : 水平波力 (kN/m) $a_1 \sim a_4$: 各作用のアーム長 (m)</p>	<p>・傾斜堤の被覆材の安定性照査方法に関する記述はあるが、上部工の安定性照査方法に関する記述はない。</p>	<p>・照査方法は安全率法を用い、安全率Fは、対象施設が被災した場合に、社会、環境に及ぼす影響の度合い(SERI)、および破壊確率pfにより設定されている。</p> $F = \frac{M_{\text{resist}}}{M_{\text{overturn}}} \quad M_{\text{resist}}: \text{抵抗モーメント} \quad M_{\text{overturn}}: \text{転倒モーメント}$ <table border="1"> <tr> <td>SERI</td> <td><5</td> <td>5-19</td> <td>20-29</td> <td>≥30</td> </tr> <tr> <td>pf,ULS</td> <td>0.20</td> <td>0.10</td> <td>0.01</td> <td>0.0001</td> </tr> <tr> <td>β,ULS</td> <td>0.84</td> <td>1.28</td> <td>2.32</td> <td>3.71</td> </tr> </table> <p>Minimum Safety Factors against Plastic Overturning. Works with Low SERI (5 - 19) 転倒に対する最小安全率、低SERI作用(5-19)</p> <table border="1"> <tr> <th>Load Combinatin</th> <th>Sliding Safty Factor, F</th> </tr> <tr> <td>Quasi-Permanent, F1</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td>Fundamental, F2</td> <td>1.3</td> </tr> <tr> <td>Accidental or seismic, F3</td> <td>1.1</td> </tr> </table>	SERI	<5	5-19	20-29	≥30	pf,ULS	0.20	0.10	0.01	0.0001	β,ULS	0.84	1.28	2.32	3.71	Load Combinatin	Sliding Safty Factor, F	Quasi-Permanent, F1	1.5	Fundamental, F2	1.3	Accidental or seismic, F3	1.1	<p>・照査方法は部分係数法を用いる。照査式を以下に示す。</p> $\gamma_0 (\gamma_p M_p + \gamma_u M_u) \leq \frac{1}{\gamma_d} (\gamma_G M_G + \gamma_E M_E)$ <p>M_p, M_u: 水平波力、揚圧力のモーメント、M_G: 壁体重量(浮力考慮)のモーメント、M_E: 裏込め石による抵抗力のモーメント、γ: 部分係数</p> <p>部分係数の一例(波力)</p> <table border="1"> <tr> <th colspan="2">Coefficient K_1</th> <th colspan="6">Table 8.1.6-1</th> </tr> <tr> <td>i</td> <td>1/10</td> <td>1/25</td> <td>1/40</td> <td>1/50</td> <td>1/60</td> <td>1/80</td> <td>≤1/100</td> </tr> <tr> <td>K_1</td> <td>1.89</td> <td>1.54</td> <td>1.40</td> <td>1.37</td> <td>1.33</td> <td>1.29</td> <td>1.25</td> </tr> </table> <p>Note: Gradient i can be the mean value within a certain range in front of the structure</p> <table border="1"> <tr> <th colspan="2">Coefficient K_2</th> <th colspan="6">Table 8.1.6-2</th> </tr> <tr> <td>$\frac{1}{H}$</td> <td>14</td> <td>15</td> <td>16</td> <td>17</td> <td>18</td> <td>19</td> <td>20</td> <td>21</td> <td>22</td> </tr> <tr> <td>K_2</td> <td>1.01</td> <td>1.06</td> <td>1.12</td> <td>1.17</td> <td>1.21</td> <td>1.26</td> <td>1.30</td> <td>1.34</td> <td>1.37</td> </tr> </table>	Coefficient K_1		Table 8.1.6-1						i	1/10	1/25	1/40	1/50	1/60	1/80	≤1/100	K_1	1.89	1.54	1.40	1.37	1.33	1.29	1.25	Coefficient K_2		Table 8.1.6-2						$\frac{1}{H}$	14	15	16	17	18	19	20	21	22	K_2	1.01	1.06	1.12	1.17	1.21	1.26	1.30	1.34	1.37
	SERI	<5	5-19	20-29	≥30																																																																										
pf,ULS	0.20	0.10	0.01	0.0001																																																																											
β,ULS	0.84	1.28	2.32	3.71																																																																											
Load Combinatin	Sliding Safty Factor, F																																																																														
Quasi-Permanent, F1	1.5																																																																														
Fundamental, F2	1.3																																																																														
Accidental or seismic, F3	1.1																																																																														
Coefficient K_1		Table 8.1.6-1																																																																													
i	1/10	1/25	1/40	1/50	1/60	1/80	≤1/100																																																																								
K_1	1.89	1.54	1.40	1.37	1.33	1.29	1.25																																																																								
Coefficient K_2		Table 8.1.6-2																																																																													
$\frac{1}{H}$	14	15	16	17	18	19	20	21	22																																																																						
K_2	1.01	1.06	1.12	1.17	1.21	1.26	1.30	1.34	1.37																																																																						
参照先	(下)P831	-																																																																													

表-5.2(3) 各国の設計基準の比較 (外郭施設、混成堤)

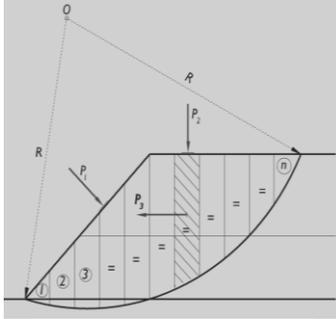
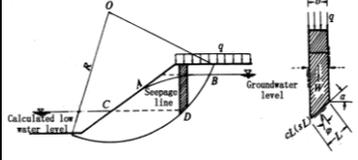
国名	日本	アメリカ	スペイン	中国								
基準名	港湾の施設の技術上の基準・同解説 平成19年4月	Corps of Engineers (COE)	Recommendations on Maritime (ROM)	Technical Codes for Port Engineering								
基礎の支持力	<p>・照査方法は部分係数法を標準とし、簡易ビショップ法により照査を行う。照査式を以下に示す。</p> $\frac{\sum [c'_d s + (w'_d + q_d) \tan \phi'_d] \sec \theta / (1 + \tan \theta \tan \phi'_d / F_f)}{\gamma_s [\sum ((w'_d + q_d) \sin \theta) + a_1 P_{H_d} / R]} = F_f \geq 1.0$	<p>・傾斜堤の被覆材の安定性照査方法に関する記述はあるが、直立式混成堤の安定性照査方法に関する記述はない。</p>	<p>・照査方法は安全率法を用いる。</p> $F = \frac{P_{vh}}{P_v}$ <p>P_{vh}: 鉛直作用耐力 P_v: 鉛直作用(端趾圧)</p> <p>Minimum recommended values for the safety factors against bearing failure in shallow</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Load Combination</th> <th>Safety Factors ,F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Quasi-Permanent, F₁</td> <td>2.5</td> </tr> <tr> <td>Fundamental, F₂</td> <td>2.0</td> </tr> <tr> <td>Accidental or Seismic, F₃</td> <td>1.8</td> </tr> </tbody> </table>	Load Combination	Safety Factors ,F	Quasi-Permanent, F ₁	2.5	Fundamental, F ₂	2.0	Accidental or Seismic, F ₃	1.8	<p>・照査方法は部分係数法を用いる。端趾圧が限界値($\sigma_r = 600 \sim 800 \text{ kN/m}^2$)以内となっているか確認する。</p> $\gamma_0 \gamma_\sigma \sigma_{\max} \leq \sigma_r$ <p>σ_{\max}: 端趾圧 σ_r: 端子圧の限界値 γ: 部分係数</p>
Load Combination	Safety Factors ,F											
Quasi-Permanent, F ₁	2.5											
Fundamental, F ₂	2.0											
Accidental or Seismic, F ₃	1.8											
参照先	(下)P831	-	-	-								
円弧すべり	<p>・照査方法は部分係数法を標準とし、修正フェレニウス法により照査を行う。照査式を以下に示す。</p> $\sum [c'_d s + (w'_d + q_d) \cos^2 \theta \tan \phi'_d] \sec \theta \geq \sum [(w'_d + q_d) \sin \theta]$ <p>c': 粘性土地盤の場合においては、非排水せん断強さ、砂質土地盤の場合においては、排水条件における見掛けの粘着力 (kN/m^2) s: 分割細片の幅(m) w': 分割細片の重量 (kN/m) q: 堤体の有効重量を堤体幅で除した分割細片に作用する分布荷重 (kN/m) ϕ': 有効応力に基づく見かけのせん断抵抗角($^\circ$) θ: 分割細片底面が水平面となす角($^\circ$)</p>	<p>・傾斜堤の被覆材の安定性照査方法に関する記述はあるが、直立式混成堤の安定性照査方法に関する記述はない。</p>	<p>・照査方法は安全率法を用い、安全率Fは、対象施設が被災した場合に、社会、環境に及ぼす影響の度合い(SERI)、および破壊確率pflにより設定されている。</p>  $F = \frac{\sum_1^n [(W + V - u \cdot a + \Delta T) \tan \phi + c \cdot a] \cdot m}{\sum_1^n W \cdot \sin \alpha + \frac{1}{R} \sum_1^n M_a}$ $m = \frac{l}{\cos \alpha} \left(\frac{F}{F + \tan \alpha \cdot \tan \phi} \right)$ <p>Minimum values for the safety factors recommended against loss of</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Load Combination</th> <th>Safety Factors ,F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Quasi-Permanent, F₁</td> <td>1.4</td> </tr> <tr> <td>Fundamental, F₂</td> <td>1.3</td> </tr> <tr> <td>Accidental or Seismic, F₃</td> <td>1.1</td> </tr> </tbody> </table>	Load Combination	Safety Factors ,F	Quasi-Permanent, F ₁	1.4	Fundamental, F ₂	1.3	Accidental or Seismic, F ₃	1.1	<p>・照査方法は部分係数法を用いる。照査式を以下に示す。</p>  $M_{sd} \leq \frac{1}{\gamma_R} M_{Rk}$ $M_{Rk} = R \sum \frac{C_{ki} b_i + (q_{ki} b_i + W_{ki} - u_{ki} b_i) \text{tg} \varphi_{ki}}{\cos \alpha_i + \sin \alpha_i \text{tg} \varphi_{ki} \frac{1}{\gamma_R}}$ $M_{sd} = \gamma_s [(\sum R (q_{ki} b_i + W_{ki}) \sin \alpha_i) + M_p]$
Load Combination	Safety Factors ,F											
Quasi-Permanent, F ₁	1.4											
Fundamental, F ₂	1.3											
Accidental or Seismic, F ₃	1.1											
参照先	(下)P833	-	-	-								

表-5.2(4) 各国の設計基準の比較 (外郭施設、傾斜堤)

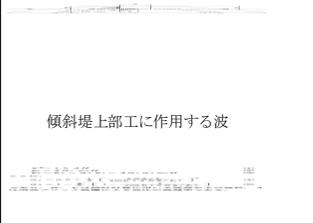
国名	日本	アメリカ	スペイン	中国
基準名	港湾の施設の技術上の基準・同解説 平成19年4月	Corps of Engineers (COE)	Recommendations on Maritime (ROM)	Technical Codes for Port Engineering
上部工の滑動	<ul style="list-style-type: none"> 作用波力の算定は以下に示す谷本・小島式を用いる。 照査方法は部分係数法を標準とする。照査式は混成堤と同様である。  <p>傾斜堤上部工に作用する波</p>	<ul style="list-style-type: none"> 傾斜堤の被覆材の安定性照査方法に関する記述はあるが、上部工の安定性照査方法に関する記述はない。 	<ul style="list-style-type: none"> 作用波力の算定方法は不明。 照査方法は安全率法を用い、安全率Fは、対象施設が被災した場合に、社会、環境に及ぼす影響の度合い(SERI)、および破壊確率pffにより設定されている。 照査式は混成堤と同様である。 	<ul style="list-style-type: none"> 作用波力は下式により算定する。 照査方法は部分係数法を標準とする。照査式は混成堤と同様である。 $p = 0.24 \gamma H K_p$ <p>Where p = the average pressure (kN/m²) K_p = the dynamic pressure coefficient relative to the design wave pressure & used the system of wave steepness H/L.</p>
参照先	(上)P188、港研資料No.450 P16	EM1110-2-1614 C-4		
上部工の転倒	<ul style="list-style-type: none"> 照査方法は部分係数法を標準とする。照査式は混成堤と同様である。 	<ul style="list-style-type: none"> 傾斜堤の被覆材の安定性照査方法に関する記述はあるが、上部工の安定性照査方法に関する記述はない。 	<ul style="list-style-type: none"> 照査方法は安全率法を用い、安全率Fは、対象施設が被災した場合に、社会、環境に及ぼす影響の度合い(SERI)、および破壊確率pffにより設定されている。 照査式は混成堤と同様である。 	<ul style="list-style-type: none"> 照査方法は部分係数法を用いる。照査式は混成堤と同様である。
参照先	(下)P831	-		
基礎の支持力	<ul style="list-style-type: none"> 照査方法は部分係数法を標準とする。照査式は混成堤と同様である。 	<ul style="list-style-type: none"> 傾斜堤の被覆材の安定性照査方法に関する記述はあるが、上部工の安定性照査方法に関する記述はない。 	<ul style="list-style-type: none"> 照査方法は安全率法を用い、安全率Fは、対象施設が被災した場合に、社会、環境に及ぼす影響の度合い(SERI)、および破壊確率pffにより設定されている。 照査式は混成堤と同様である。 	<ul style="list-style-type: none"> 照査方法は部分係数法を用いる。照査式は混成堤と同様である。
参照先	(下)P831	-		
円弧すべり	<ul style="list-style-type: none"> 照査方法は部分係数法を標準とする。照査式は混成堤と同様である。 	<ul style="list-style-type: none"> 傾斜堤の被覆材の安定性照査方法に関する記述はあるが、上部工の安定性照査方法に関する記述はない。 	<ul style="list-style-type: none"> 照査方法は安全率法を用い、安全率Fは、対象施設が被災した場合に、社会、環境に及ぼす影響の度合い(SERI)、および破壊確率pffにより設定されている。 照査式は混成堤と同様である。 	<ul style="list-style-type: none"> 照査方法は部分係数法を用いる。照査式は混成堤と同様である。
参照先	(下)P833	-		
被覆材の所要質量の算定	<ul style="list-style-type: none"> 部分係数法を標準とする。 被覆材の所要質量は、以下に示す安定性Nsによるハドソン式により求めることができる。 $H_s = 1.25 \gamma_s H_m$ $H_s = \gamma_s H_m$ <p>M : 捨石又はコンクリートブロックの所要質量(t) ρ : 捨石又はコンクリートブロックの密度(t/m³) H : 安定計算に用いる波高(m) NS : 安定数。主として被覆材の形状、勾配、被害率等によって決まる Sr : 捨石又はコンクリートブロックの水に対する比重</p>	<ul style="list-style-type: none"> 被覆材の所要質量は、以下に示す安定性Nsによるハドソン式により求めることができる。 $M = \frac{1.25 \gamma_s H_m}{\rho}$ <p>M = required individual armor unit weight, lb (or kg), for gravel agency γ_s = specific weight of the armor unit, lb/ft³ H = monochromatic wave height γ_w = specific weight of water at the site (salt or fresh) K_{sD} = stability coefficient θ = is structure slope (from the horizontal)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 被覆材の所要質量は、以下に示すハドソン式により求めることができる。 $W = \frac{1.25 \gamma_s H_m}{\rho}$ <p>W: 被覆材の所要質量(t) H_s: 設計波高(m) S_s: 被覆材の水(海水)に対する比重</p>	<ul style="list-style-type: none"> 被覆材の所要質量は、以下に示すハドソン式により求めることができる。
参照先	(上)P552	EM1110-2-1614 P2-8		

表-5.3(1) 各国の設計基準の比較(重力式)

国名	日本	アメリカ	スペイン	中国															
基準名	港湾の施設の技術上の基準・同解説 平成19年4月	Corps of Engineers (COE)	Recommendations on Maritime (ROM)	Technical Codes for Port Engineering															
要求性能	第二十六条 岸壁の要求性能は、構造形式に応じて、次の各号に定めるものとする。 一 船舶の安全かつ円滑な係留、人の安全かつ円滑な乗降及び貨物の安全かつ円滑な荷役が行えるよう、国土交通大臣が定める要件を満たしていること。 二 自重、土圧、レベル地震動、船舶の接岸及び牽引、載荷重等の作用による損傷等が、当該岸壁の機能を損なわず継続して使用することに影響を及ぼさないこと。 2 前項に規定するもののほか、耐震強化施設である岸壁の要求性能にあつては、レベル地震動等の作用による損傷等が、軽微な修復によるレベル地震動の作用後に当該岸壁に必要とされる機能の回復に影響を及ぼさないこととする。ただし、当該岸壁が置かれる自然状況、社会状況等により、更に耐震性を向上させる必要がある岸壁の要求性能にあつては、レベル地震動の作用後に当該岸壁に必要とされる機能を損なわず継続して使用することに影響を及ぼさないこととする。	・要求性能として明記されているわけではないが、性能性照査内容から、日本とほぼ同様な要求性能と思われる。	・要求性能として明記されているわけではないが、性能性照査内容から、日本とほぼ同様な要求性能と思われる。	・要求性能として明記されているわけではないが、性能性照査内容から、日本とほぼ同様な要求性能と思われる。 ・建設期間・供用期間の間に観測すべき事項として、「沈下」「水平変位」「構造物の傾斜」を挙げている。															
参照先	(上)P5、(下)P937	-	IV.P399	Vol2_1.0.5 P1293															
性能規定	第四十八条 岸壁に共通する性能規定は、次の各号に定めるものとする。 一 対象船舶の諸元に応じた所要の水深及び長さを有すること。 二 潮位の影響、対象船舶の諸元及び岸壁の利用状況に応じた所要の天端高を有すること。 三 利用状況に応じた所要の附帯設備を有すること。 2 前項に規定するもののほか、耐震強化施設の岸壁の性能規定にあつては、主たる作用がレベル地震動である偶発状態に対して、要求性能に応じて、作用による損傷の程度が限界値以下であることとする。 第四十九条 重力式係船岸の性能規定は、次の各号に定めるものとする。 一 主たる作用が自重である永続状態に対して、地盤のすべり破壊の生じる危険性が限界値以下であること。 二 主たる作用が土圧である永続状態及び主たる作用がレベル地震動である変動状態に対して、壁体の滑動、転倒及び基礎地盤の支持力不足による破壊の生じる危険性が限界値以下であること。	・壁体の滑動、転倒及び基礎地盤の支持力不足による破壊が生じないこと。	・性能規定は明記されていないが、日本の港湾基準と同様に、波浪、地震動等の作用に対して、各破壊モード(滑動、転倒、基礎の支持力、円弧すべり)に対する破壊確率が限界値以下となるように照査が実施される。 ・目標破壊確率(限界値)pfは、対象施設が被災した場合に、社会、環境に及ぼす影響の度合い(SERI)ごとに設定される。 Minimum values for the safety factors against horizontal sliding. Works with Low SERI(5-19) <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>SERI</td> <td><5</td> <td>5-19</td> <td>20-29</td> <td>≥30</td> </tr> <tr> <td>pf, ULS</td> <td>0.20</td> <td>0.10</td> <td>0.01</td> <td>0.0001</td> </tr> <tr> <td>β, ULS</td> <td>0.84</td> <td>1.28</td> <td>2.32</td> <td>3.71</td> </tr> </table> SERI: 社会、環境に及ぼす影響の度合い <5: 影響なし、5-19: 影響小、20-29: 影響大、30+: 影響極大 pf: 破壊確率、β: 信頼性指標	SERI	<5	5-19	20-29	≥30	pf, ULS	0.20	0.10	0.01	0.0001	β, ULS	0.84	1.28	2.32	3.71	下記に示す項目を計算、確認すること。 【終局限界状態における永続作用に対して】 ・滑動 ・転倒 ・基礎と地盤の支持能力 ・構造物全体の安全性 ・スラブ等の支持能力 ・壁体下部における合力の作用位置 【使用限界状態における準永続作用に対して】 ・構造物のひび割れ幅 ・地盤の沈下 【終局限界状態における一時的な作用に対して】 ・水圧、土圧、波に対する安全性 ・構造物要素の支持能力
SERI	<5	5-19	20-29	≥30															
pf, ULS	0.20	0.10	0.01	0.0001															
β, ULS	0.84	1.28	2.32	3.71															
参照先	(上)P18、(下)P939、(下)P948	EM1110-2-2502 P4-3	IV.P404	Vol2_3.4.4 P1307															
標準的な性能照査手法	部分係数法	安全率法	安全率法(部分係数法)	部分係数法															
特徴	・性能規定型の基準であり、部分係数法(レベル1信頼性設計法)が標準的な外的安定性照査手法となっている。 ・信頼性設計法についてレベル1(部分係数法)、レベル2(信頼性指標)、レベル3(破壊確率)の概要が記述されている。	-	・安全率は、対象施設が被災した場合に、社会、環境に及ぼす影響の度合い(SERI)により、破壊確率pf及び信頼性指標βが設定されている。 ・信頼性設計法についてレベル1(部分係数法)、レベル2(信頼性指標)、レベル3(破壊確率)の概要が記述されている。	・部分係数が照査項目別に設定されているが、目標破壊確率についての記述はない。															
参照先	(上)P60-77	-	-	-															

表-5.3(2) 各国の設計基準の比較 (保留施設、重力式係船岸)

国名	日本	アメリカ	スペイン	中国																																																																	
基準名	港湾の施設の技術上の基準・同解説 平成19年4月	Corps of Engineers (COE)	Recommendations on Maritime (ROM)	Technical Codes for Port Engineering																																																																	
重力式係船岸																																																																					
安定性の照査	<p>滑動</p> $f_d (W_d + P_{d1} - P_{d2}) \geq \gamma_0 (P_{d1} + P_{d2} + P_{d,d} + P_{d'})$ <p>転倒</p> $aW_d - bP_{d1} + cP_{d2} \geq \gamma_0 (dP_{d1} + eP_{d2} + hP_{d,d} + iP_{d'})$	<p>滑動</p> $FS = \frac{\tau_f}{\tau} = \frac{\sigma' (\tan \phi) + c}{\tau}$ <p>転倒</p> <p>Factor of safety = $\frac{\text{Available shear resistance}}{\text{Shear required for equilibrium}}$</p>	<p>滑動</p> $F \leq \frac{H_{(failure)}}{H}$ <p>H_(failure) = horizontal load producing failure H = acting horizontal load F = safety factor shown in Table 3.5.5</p> <p>Minimum values for the Safety Factors Against Horizontal Sliding. Works with Low SERI (5 - 19) 水平滑動に対する安全率の最小値、低SERI作用(5-19)</p> <table border="1"> <tr> <td>Load Combination</td> <td>Sliding Safety Factor, F</td> </tr> <tr> <td>Quasi-Permanent, F1</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td>Fundamental, F2</td> <td>1.3</td> </tr> <tr> <td>Accidental or seismic, F3</td> <td>1.1</td> </tr> </table> <p>転倒</p> $F \leq \frac{H_{(resist)}}{H_{(overturn)}}$ <p>M_(resist) = moment of the horizontal force causing failure = H_{fail} · h. It is the maximum resistant moment. M_(overturn) = overturning moment of the horizontal force = H · h.</p> <p>Minimum Safety Factors against Plastic Overturning. Works with Low SERI (5 - 19) 転倒に対する最小安全率、低SERI作用(5-19)</p> <table border="1"> <tr> <td>Load Combination</td> <td>Sliding Safety Factor, F</td> </tr> <tr> <td>Quasi-Permanent, F1</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td>Fundamental, F2</td> <td>1.3</td> </tr> <tr> <td>Accidental or seismic, F3</td> <td>1.1</td> </tr> </table>	Load Combination	Sliding Safety Factor, F	Quasi-Permanent, F1	1.5	Fundamental, F2	1.3	Accidental or seismic, F3	1.1	Load Combination	Sliding Safety Factor, F	Quasi-Permanent, F1	1.5	Fundamental, F2	1.3	Accidental or seismic, F3	1.1	<p>滑動</p> $\gamma_0 (\gamma_E E_H + \gamma_{FW} P_W + \gamma_E E_{qH} + \Psi \gamma_{FR} P_{RH}) \leq \frac{1}{\gamma_d} (\gamma_G G + \gamma_E E_V + \gamma_E E_{qV}) f$ <p>転倒</p> $\gamma_0 (\gamma_E M_{EH} + \gamma_{FW} M_{FW} + \gamma_E M_{EH} + \Psi \gamma_{FR} M_{FR}) \leq \frac{1}{\gamma_d} (\gamma_G M_G + \gamma_E M_{EV} + \gamma_E M_{EQ})$ <p>Coefficient of Structure Importance Table 3.6.1-1</p> <table border="1"> <tr> <th>Safety class</th> <th>First class</th> <th>Second class</th> <th>Third class</th> </tr> <tr> <td>γ₀</td> <td>1.1</td> <td>1.0</td> <td>0.9</td> </tr> </table> <p>Partial Factors of Actions in Stability Checking Table 3.6.1-2</p> <table border="1"> <tr> <th rowspan="2">Combination situation</th> <th colspan="2">Permanent action</th> <th colspan="4">Variable action</th> </tr> <tr> <th>γ_E</th> <th>γ_Q</th> <th>γ_R</th> <th>γ_F</th> <th>γ_S</th> <th>γ_T</th> </tr> <tr> <td>Permanent</td> <td>1.35</td> <td>1.05</td> <td>1.35</td> <td>1.40</td> <td>1.3</td> <td>1.3</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>(1.25)</td> <td>(1.30)</td> <td>(1.20)</td> <td>(1.20)</td> </tr> <tr> <td>Transient</td> <td>1.35</td> <td>1.05</td> <td>1.25</td> <td>1.30</td> <td>1.20</td> <td>1.20</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>-</td> </tr> </table>	Safety class	First class	Second class	Third class	γ ₀	1.1	1.0	0.9	Combination situation	Permanent action		Variable action				γ _E	γ _Q	γ _R	γ _F	γ _S	γ _T	Permanent	1.35	1.05	1.35	1.40	1.3	1.3				(1.25)	(1.30)	(1.20)	(1.20)	Transient	1.35	1.05	1.25	1.30	1.20	1.20							-
	Load Combination	Sliding Safety Factor, F																																																																			
Quasi-Permanent, F1	1.5																																																																				
Fundamental, F2	1.3																																																																				
Accidental or seismic, F3	1.1																																																																				
Load Combination	Sliding Safety Factor, F																																																																				
Quasi-Permanent, F1	1.5																																																																				
Fundamental, F2	1.3																																																																				
Accidental or seismic, F3	1.1																																																																				
Safety class	First class	Second class	Third class																																																																		
γ ₀	1.1	1.0	0.9																																																																		
Combination situation	Permanent action		Variable action																																																																		
	γ _E	γ _Q	γ _R	γ _F	γ _S	γ _T																																																															
Permanent	1.35	1.05	1.35	1.40	1.3	1.3																																																															
			(1.25)	(1.30)	(1.20)	(1.20)																																																															
Transient	1.35	1.05	1.25	1.30	1.20	1.20																																																															
						-																																																															
参照先	(下)P961、(下)P964	EM1110-2-2502_P4-18、P4-4	Ⅲ、P212、P214、P410	3.6.1、3.6.2 P1318、P1320																																																																	
基礎の支持力 (偏心傾斜荷重)	<p>簡易ピシヨップ法</p> $\frac{\sum [c'_{1,2} + (w'_1 + q_1) \tan \phi'_1] \sec \theta (1 + \tan \theta \tan \phi'_1 / F_1)}{\sqrt{e} \cdot \sum [(w'_1 + q_1) \sin \theta] + (dP_{1,2} + eP_{2,2} + hP_{2,d} + iP_{2'}) / B} = F_1 \geq 1.0$ <p>Q' = effective normal force applied to the base of the structure Q = normal component to the base of the structure of the ultimate bearing capacity</p>	$FS = \frac{Q}{N}$	$F = \frac{P_v h}{P_p}$ <p>P_v = vertical bearing pressure obtained by applying the corresponding calculation method. P = acting vertical pressure for the corresponding load hypothesis, calculated as indicated in Subsection 3.5.3.2.</p>	<p>γ₀ γ₀ σ_{max} ≤ σ_y Where γ₀ = coefficient of structure importance; γ_σ = partial factor of the maximum stress on the top of foundation bed, maybe taken as 1.0; σ_{max} = standard value of the maximum stress on the top of foundation bed (kPa). σ_y = design value of bearing capacity of foundation bed, maybe taken as 600kPa, which can be enhanced to some proper extent if the quay is of dolphin type or the bearing capacity of soil foundation is high, but should not be greater than 800kPa;</p>																																																																	
	参照先	(下)P963	EM1110-2-2502_P4-28、P5-2	Ⅲ、P209、P210、P193																																																																	

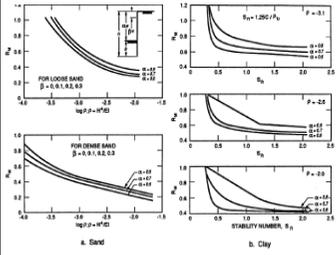
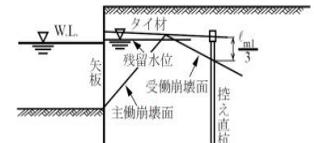
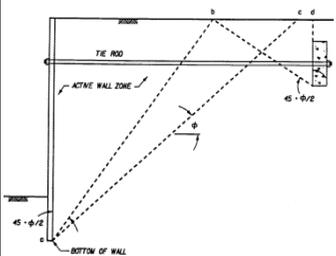
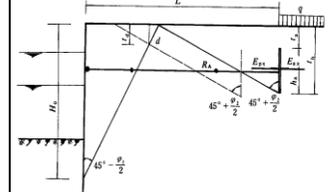
表-5.4(1) 各国の設計基準の比較(栈橋式)

国名	日本	アメリカ	スペイン	中国															
基準名	港湾の施設の技術上の基準・同解説 平成19年4月	Corps of Engineers (COE)	Recommendations on Maritime (ROM)	Technical Codes for Port Engineering															
要求性能	第二十九条 栈橋の要求性能は、構造形式に応じて、次の各号に定めるものとする。 一 船舶の安全かつ円滑な係留、人の安全かつ円滑な乗降及び貨物の安全かつ円滑な荷役が行えるよう、国土交通大臣が定める要件を満たしていること。 二 自重、土圧、変動波浪、レベル地震動、船舶の接岸及び牽引、載荷重等の作用による損傷等が、当該栈橋の機能を損なわず継続して使用することに影響を及ぼさないこと。 2 前項に規定するもののほか、耐震強化施設である栈橋の要求性能にあつては、レベル地震動等の作用による損傷等が、軽微な修復によるレベル地震動の作用後に当該栈橋に必要とされる機能の回復に影響を及ぼさないこととする。ただし、当該栈橋が置かれる自然状況、社会状況等により、更に耐震性を必要とする栈橋の要求性能にあつては、レベル地震動の作用後に当該栈橋に必要とされる機能を損なわず継続して使用することに影響を及ぼさないこととする。	・要求性能として明記されているわけではないが、性能性照査内容から、日本とほぼ同様な要求性能と思われる。	・要求性能として明記されているわけではないが、性能性照査内容から、日本とほぼ同様な要求性能と思われる。	・要求性能として明記されているわけではないが、性能性照査内容から、日本とほぼ同様な要求性能と思われる。															
参照先	(上)P5-6、(下)P1103	-	IV.P411	Vol2_P1405															
性能規定	第五十五条 第四十八条の規定は、栈橋の性能規定について準用する。 2 前項に規定するもののほか、栈橋の性能規定は、次の各号に定めるものとする。 一 栈橋の護版が次の基準を満たすこと。 イ 利用状況に応じて、荷役、乗降等を安全かつ円滑に行えるための所要の諸元を有すること。 ロ 栈橋の上部工に水平方向の荷重を伝達させないものであり、かつ、地震動等の作用により生じる栈橋部及び土留部の変形に対して落版しないこと。 二 主たる作用がレベル地震動、船舶の接岸及び牽引並びに載荷重である変動状態に対して、次の基準を満たすこと。 イ 上部工の部材の健全性を損なう危険性が限界値以下であること。 ロ 杭に作用する軸方向力が地盤の破壊に基づく抵抗力を超える危険性が限界値以下であること。 ハ 杭に生じる応力度が降伏応力度を超える危険性が限界値以下であること。 三 主たる作用が変動波浪である変動状態に対して、次の基準を満たすこと。 イ 護版に作用する掃圧力により護版の安定性を損なう危険性が限界値以下であること。 ロ 上部工の部材の健全性を損なう危険性が限界値以下であること。 ハ 杭に作用する軸方向力が地盤の破壊に基づく抵抗力を超える危険性が限界値以下であること。 四 補剛部材を有する構造の場合にあつては、主たる作用が変動波浪、レベル地震動、船舶の接岸及び牽引並びに載荷重である変動状態に対して、補剛部材及び格点部の健全性を損なう危険性が限界値以下であること。 3 第四十九条から第五十二条までの規定は、構造形式に応じて、栈橋の土留部の性能規定について準用する。	・性能規定は明記されていない。	・性能規定は明記されていないが、日本の港湾基準と同様に、波浪、地震動等の作用に対して、各破壊モード(滑動、転倒、基礎の支持力、円弧すべり)に対する破壊確率が限界値以下となるように照査が実施される。 ・目標破壊確率(限界値) p_f は、対象施設が被災した場合に、社会、環境に及ぼす影響の度合い(SERI)ごとに設定される。 Minimum values for the safety factors against horizontal sliding. Works with Low SERI(5-19) <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>SERI</td> <td><5</td> <td>5-19</td> <td>20-29</td> <td>≥30</td> </tr> <tr> <td>p_f(ULS)</td> <td>0.20</td> <td>0.10</td> <td>0.01</td> <td>0.0001</td> </tr> <tr> <td>p_f(SLS)</td> <td>0.84</td> <td>1.28</td> <td>2.32</td> <td>3.71</td> </tr> </table> SERI: 社会、環境に及ぼす影響の度合い <5: 影響なし、5-19: 影響小、20-29: 影響大、30≥: 影響極大 p_f : 破壊確率、 β : 信頼性指標	SERI	<5	5-19	20-29	≥30	p_f (ULS)	0.20	0.10	0.01	0.0001	p_f (SLS)	0.84	1.28	2.32	3.71	下記に示す項目を計算、確認すること。 【終局限界状態】 ・構造物全体の安定、斜面の安定、土留め構造物の滑動・転倒に対する安定 ・構造部材の曲げ、せん断、押し抜き、圧縮、引張、ねじれ ・杭の座屈 ・杭の支持力 【使用限界状態】 ・コンクリート部材のひび割れ ・機械運転時の梁のひずみ ・杭の水平変位量 ・車両運転時の構造物の振動
SERI	<5	5-19	20-29	≥30															
p_f (ULS)	0.20	0.10	0.01	0.0001															
p_f (SLS)	0.84	1.28	2.32	3.71															
参照先	(上)P20、(下)P1103	-	-	3.2.3、3.2.4.P1415															
標準的な性能照査手法	部分係数法	安全率法	安全率法(部分係数法)	部分係数法															
特徴	・性能規定型の基準であり、部分係数法(レベル1信頼性設計法)が標準的な外的安定性照査手法となっている。 ・信頼性設計法についてレベル1(部分係数法)、レベル2(信頼性指標)、レベル3(破壊確率)の概要が記述されている。	-	・安全率は、対象施設が被災した場合に、社会、環境に及ぼす影響の度合い(SERI)により、破壊確率 p_f 及び信頼性指標 β が設定されている。 ・信頼性設計法についてレベル1(部分係数法)、レベル2(信頼性指標)、レベル3(破壊確率)の概要が記述されている。	・部分係数が照査項目別に設定されているが、目標破壊確率についての記述はない。															
参照先	(上)P60-77	-	-	-															

表-5.5(1) 各国の設計基準の比較 (矢板式)

国名	日本	アメリカ	スペイン	中国
基準名	港湾施設の技術上の基準・同解説 平成19年4月	Corps of Engineers (COE)	Recommendations on Maritime (ROM)	Technical Codes for Port Engineering
要求性能	第二十六条 岸壁の要求性能は、構造形式に応じて、次の各号に定めるものとする。 一 船舶の安全かつ円滑な係留、人の安全かつ円滑な乗降及び貨物の安全かつ円滑な荷役が行えるよう、国土交通大臣が定める要件を満たしていること。 二 自重、土圧、レベルー地震動、船舶の接岸及び牽引、載荷重等の作用による損傷等が、当該岸壁の機能を損なわず継続して使用することに影響を及ぼさないこと。 2 前項に規定するもののほか、耐震強化施設である岸壁の要求性能にあっては、レベルー地震動等の作用による損傷等が、軽微な修復によるレベルー地震動の作用後に当該岸壁に必要とされる機能に影響を及ぼさないこととする。ただし、当該岸壁が置かれる自然状況、社会状況等により、更に耐震性を向上させる必要がある岸壁の要求性能にあっては、レベルー地震動の作用後に当該岸壁に必要とされる機能を損なわず継続して使用することに影響を及ぼさないこととする。	・要求性能として明記されているわけではないが、性能性照査内容から、日本とほぼ同様な要求性能と思われる。	・要求性能として明記されているわけではないが、性能性照査内容から、日本とほぼ同様な要求性能と思われる。	・要求性能として明記されているわけではないが、性能性照査内容から、日本とほぼ同様な要求性能と思われる。
参照先	(上)P5、(下)P937	-	-	-
性能規定	第五十条 矢板式係留岸の性能規定は、次の各号に定めるものとする。 一 主たる作用が土圧である永続状態及び主たる作用がレベルー地震動である変動状態に対して、矢板が構造の安定に必要な埋入長を有し、かつ、矢板に生じる応力度が降伏応力度を超える危険性が限界値以下であること。 二 主たる作用が土圧である永続状態並びに主たる作用がレベルー地震動及び船舶の牽引である変動状態に対して、次の基準を満たすこと。 イ 掘え工を有する構造の場合にあっては、掘え工が、構造形式に応じて、適切な位置に設置され、かつ、構造の安定性を損なう危険性が限界値以下であること。 ロ タイ材及び掘起しを有する構造の場合にあっては、タイ材及び掘起しに生じる応力度が降伏応力度を超える危険性が限界値以下であること。 ハ 上部工を有する構造の場合にあっては、上部工の部材の健全性を損なう危険性が限界値以下であること。 三 上部工を有する構造の場合にあっては、主たる作用が船舶の接岸である変動状態に対して、上部工の部材の健全性を損なう危険性が限界値以下であること。 四 主たる作用が自重である永続状態に対して、矢板下端以下を通る地盤のすべり破壊の生じる危険性が限界値以下であること。 2 前項に規定するもののほか、自立矢板式の性能規定にあっては、主たる作用が土圧である永続状態並びに主たる作用がレベルー地震動並びに船舶の接岸及び牽引である変動状態に対して、矢板天端に生じる変形量が変形量の許容値を超える危険性が限界値以下であることとする。 3 第一項に規定するもののほか、二重矢板式の性能規定にあっては、次の各号に定めるものとする。 一 主たる作用が土圧である永続状態及び主たる作用がレベルー地震動である変動状態に対して、壁体の滑動の生じる危険性が限界値以下であること。 二 主たる作用が土圧である永続状態及び主たる作用がレベルー地震動である変動状態に対して、前面及び背面矢板の天端に生じる変形量が変形量の許容値を超える危険性が限界値以下であること。 三 主たる作用が土圧である永続状態に対して、壁体のせん断変形により安定性を損なう危険性が限界値以下であること。	・性能規定は明記されていない。	・性能規定は明記されていないが、日本の港湾基準と同様に、波浪、地震動等の作用に対して、各破壊モード(滑動、転倒、基礎の支持力、円弧すべり)に対する破壊確率が限界値以下となるように照査が実施される。 ・目標破壊確率(限界値)pfは、対象施設が被災した場合に、社会、環境に及ぼす影響の度合い(SERI)ごとに設定される。 Minimum values for the safety factors against horizontal sliding Works with Low SERI(5-19) SERI: 社会、環境に及ぼす影響の度合い α: 影響なし、5-19:影響小、20-29:影響大、30: 影響特大 p _f : 破壊確率、β: 信頼性指標	下記に示す項目を計算、確認すること。 【終局限界状態】 ・kick-out破壊、アンカーの安定、滑動、支持力、部材の安定 【使用限界状態】 ・コンクリート部材のひび割れ
参照先	(上)P18、(下)P939、(下)P948	-	-	-
標準的な性能照査手法	部分係数法	安全率法	安全率法(部分係数法)	部分係数法
特徴	・性能規定型の基準であり、部分係数法(レベル1信頼性設計法)が標準的な外的安定性照査方法となっている。 ・信頼性設計法についてレベル1(部分係数法)、レベル2(信頼性指標)、レベル3(破壊確率)の概要が記述されている。	-	・安全率は、対象施設が被災した場合に、社会、環境に及ぼす影響の度合い(SERI)により、破壊確率pf及び信頼性指標βが設定されている。 ・信頼性設計法についてレベル1(部分係数法)、レベル2(信頼性指標)、レベル3(破壊確率)の概要が記述されている。	・部分係数が照査項目別に設定されているが、目標破壊確率についての記述はない。
参照先	(上)P80-77	-	-	-

表-5.5(2) 各国の設計基準の比較 (保留施設、矢板式係船岸)

国名	日本	アメリカ	スペイン	中国
基準名	港湾の施設の技術上の基準・同解説 平成19年4月	Corps of Engineers (COE)	Recommendations on Maritime (ROM)	Technical Codes for Port Engineering
矢板式岸壁				
根入れ長の照査	<p>ロウの方法</p> $\delta_s = D_r / H_r \approx 5.0916\omega^{-0.5} - 0.2591$ <p>ここに、 δ_s: 矢板の根入れ長とタイ材取付点から海底面までの高さの比 D_r: 矢板の根入れ長 (m) H_r: タイ材取付点から海底面までの高さ (m) ω: シミラリティナンバー ($=\rho^2/\delta_s$) ρ: フレキシビリティナンバー ($=H_r^2/EI$) (m³/MN) E: 矢板のヤング係数 (MN/m²) I: 矢板の単位幅当たりの断面二次モーメント (m⁴/m) δ_s: 矢板壁の地盤反力係数 (MN/m³)</p> $\rho = H_r^2 / EI$ <p>ここに、 ρ: フレキシビリティナンバー (m³/MN) H_r: 矢板の総長 (m) E: 矢板のヤング係数 (MN/m²) I: 矢板の単位幅当たりの断面二次モーメント (m⁴/m)</p> $\omega = \rho^2 \delta_s = (H_r^2 / EI)^2 \delta_s$ <p>ここに、 ω: シミラリティナンバー ρ: フレキシビリティナンバー (m³/MN) δ_s: 矢板壁の地盤反力係数 (MN/m³) H_r: タイ材取付点から海底面までの高さ (m) E: 矢板のヤング係数 (MN/m²) I: 矢板の単位幅当たりの断面二次モーメント (m⁴/m)</p>	<p>ロウの方法</p>  <p style="text-align: center;">$\rho = H^4 / EI$ (6-8)</p> <p>where H = total length of the sheet piling (ft) E = modulus of elasticity of the pile material (psi) I = moment of inertia (in⁴) per foot of wall</p>	<p>フリーアースサポート法 フックストアースサポート法</p>	<p>フリーアースサポート法 フックストアースサポート法</p>
参照先	(下)P1003	EM1110-2-2504_P5-6_P6-4、P6-6		Vol2_P1553
矢板の応力照査	ロウの方法	ロウの方法		
参照先	(下)P1004	EM1110-2-2504_P6-4、P6-6		
控え工の位置	 <p>図-2.3.25 控え版の設置位置</p>  <p>図-2.3.26 控え直杭の設置位置</p>			 <p>Fig.3.4.5 Calculation Diagram for Minimum Distance from Anchor Wall (or block) to Sheet Pile Wall</p>
参照先	(下)P1015	EM1110-2-2504_P5-9		P1558