

5. ティラワ地区港整備計画

5.1. ティラワ地区港の役割

4.1.1 ヤンゴン港の位置付けに述べたように、ヤンゴン港において必要とされる港湾施設を開発する場所はヤンゴン本港に見つけることが出来ない。したがって、必要な水面と用地の確保できるティラワ地区がヤンゴン港の活動を支えるために重要な役割を果たす場所である。

5.2. 貨物需要予測

ミャンマー国のコンテナ貨物は、ほぼ全量ヤンゴン港で取扱われているので、ミャンマー国のコンテナ貨物予測取扱量も全量、ヤンゴン港で取扱われるものとする。表 5.2-1 にヤンゴン港のコンテナ取扱量の予測結果を示す。なお、詳細な計算は、4.2.1 貨物量需要予測に示す。

表 5.2-1 ヤンゴン港及びティラワ SEZ に関連するコンテナ貨物量の予測値
(TEUs/Year)

年		2015	2020	2025
ヤンゴン港	High Case	892,000	1,986,000	4,014,000
	Low Case	853,000	1,700,000	3,064,000

出典：調査団作成

5.3. 既存コンテナターミナルの容量

コンテナターミナルにおけるコンテナ取扱能力を左右する要因はガントリークレーンなどのバースにおける取扱能力と荷役のためにコンテナを蔵置するコンテナヤードの広さやハンドリング能力である。

岸壁における荷役機械の年間取扱能力（TEU/年）は、次の要因を基に算定することが出来る。

1. ガントリークレーンなどの基数
2. ガントリークレーンなどの時間当たりのコンテナ取扱個数(開発途上国においては 20~30 個/時間、2 基以上稼働する場合は 2 基目以降の効率は低下するので、それを考慮したガントリークレーンなどの平均効率を用いる)
3. ガントリークレーンの年間稼働日数
4. ガントリークレーンの一日当たりの実稼働時間
5. コンテナ船の年間の接岸率
6. 20ft コンテナと 40ft コンテナの率
7. Box Ratio

また、荷役するコンテナはコンテナヤードに蔵置されることになるので、コンテナターミナル

の年間取扱能力はヤードの蔵置容量に左右される。コンテナヤードの処理能力は下記の要因を基に算定することが出来る。

1. コンテナヤードのスロット数
2. コンテナの蔵置段数
3. コンテナ蔵置可能個数に対する荷役時利用可能率
4. 1日最大取扱量の週間平均取扱量の比
5. コンテナのヤード内蔵置日数
6. コンテナヤードの年間稼働日数

コンテナターミナルの取扱能力は上記で求めた値のうち、小さい方の値という事になる。

表 5-3.1 に示す施設にこれらの能力が最大に発揮される荷役機械が配置されると共に、荷役効率の向上が図られたとの条件のもと、各ターミナルが持つ最大取扱能力を推定した結果を表 5-3.1 に示す。また、各ターミナルが持っている岸壁やヤードの将来拡張計画を基に、将来の取扱能力を推定した結果も表 5-3.1 に示す。これらを反映して、取扱能力を算定するための係数を次のように設定した。

岸壁における荷役機械の年間取扱能力（TEU/年）算定のために用いた係数

1. クレーンの基数 = 2
2. 時間当たりのコンテナ取扱個数 = 25 個/時間
3. クレーンの平均効率 = 0.9
4. クレーンの年間稼働日数 = 365 日
5. クレーンの実稼働時間 = 21 時間
6. 接岸率 = 0.4
7. 20ft コンテナと 40ft コンテナの率 = 1.5
8. Box Ratio = 1.4

コンテナヤードの年間処理能力（TEU/年）算定のために用いた係数

1. スロット数 = 表 3-2.3 による
2. コンテナの蔵置段数 = 3.5
3. 荷役時利用可能率 = 0.75
4. 一日最大取扱量の週間平均取扱量の比 = 1.4
5. コンテナ蔵置日数 = 7 日
6. 年間稼働日数 = 365 日

既存のコンテナターミナル以外に、現在 MPA が雑貨バースとして使用している Sule Pagoda Terminal (全長 1,041m) の一部の 540m をコンテナと雑貨を扱うターミナルとして民営化する計画が進められている。Sule Pagoda Terminal の用地は 100m 余りと狭いため、コンテナヤードとして使える面積が狭く、このコンテナヤードで取扱可能なコンテナ量は年間約 5 万 TEU と推定される。Sule Pagoda Terminal の BOT 契約は現在手続き中であるが、供用できるのは 2015 年と予想される。

MIP と Ahlone Terminal の容量増大のための整備はヤンゴン港の容量不足が顕在化する 2016 年から始められると想定できる。施設の建設に 2 年を要する想定されるので、2018 年から 2020 年にかけて徐々に 14.7 万 TEU の容量増大が図られる。

MITT と MPA の BOT 契約によると、MITT ではガントリークレーンの設置基数に応じて最大で年間約 32 万 TEU まで優先的に取り扱えるとしている。従って、ヤンゴン港全体でコンテナ取扱能力に不足を来すと予想される 2016 年から MITT の取扱能力は順次増強され、2016 年には年間 8 万 TEU 増加し、その後 3 年で最大取扱能力（年間 81.5 万 TEU）まで能力拡大が図られるものと想定する。これらターミナルの能力を表 5.3-1 に示す。

表 5.3-1 各コンテナターミナルの現有及び将来取扱可能な能力 (TEUs/Year)

	Hteedan Terminal	Ahlone Terminal	MIP Terminal	Bo Aung Kyaw Terminal	Sule Pagoda Terminal	ヤンゴン本港小計	MITT Terminal	合計
現有施設の最大可能能力	149,000	191,000	131,000	57,000	—	528,000	203,000	731,000
将来取扱可能能力	149,000	280,000	189,000	57,000	50,000	725,000	815,000	1,540,000

(‘000TEUs/Year)

Calender year	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Expected capacity ('000 TEUs/y)	731	731	731	781	898	1,063	1,277	1,491	1,540	1,540	1,540	1,540	1,540	1,540
Theedan Terminal	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149
Ahlone Terminal	191	191	191	191	191	191	221	250	280	280	280	280	280	280
MIP Terminal	131	131	131	131	131	131	150	170	189	189	189	189	189	189
Bo Aung Kyaw Terminal	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
MITT	203	203	203	203	320	485	650	815	815	815	815	815	815	815
Sule Pagoda Terminal	0	0	0	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

出典：調査団作成

5.4. 施設等整備計画

5.4.1. 港湾施設

(1) 施設計画

現在のヤンゴン本港のコンテナ取扱容量は、表 5.3-1 に示すように年間約 52.8 万 TEU 程度と推定されている。一方、コンテナ貨物量の増大に対応するため、いくつかのターミナルで岸壁の延長やヤードの整備工事が行われている。コンテナターミナルの取扱容量は 5.3 既存コンテナターミナルの容量に示すように、岸壁における荷役能力とヤードにおける取扱能力から定まるが、ヤンゴン本港では陸域の面積が狭いため、十分なヤードが確保できない状況である。従

って、ヤンゴン本港においては将来においても年間約 72.5 万 TEU までに容量を増大するのが限界である。一方、ティラワ地区港においては延長 1,000m の岸壁を持つ MITT の一部でコンテナの取扱いをしており、年間約 20.3 万 TEU の取扱能力を持つと推定されている。更に、ヤードの拡張並びに荷役機械の増設をすることによって年間約 81.5 万 TEU の取扱いが可能と推定される。従って、将来のヤンゴン本港と MITT の合計コンテナ取扱可能容量は年間 154 万 TEU 程度と推定出来る。

貨物需要予測によると、2014 年までは現有施設能力でコンテナ取扱いに必要な能力はほぼ確保出来るので、2015 年以降に取扱能力の不足が顕在化し始めると予測される。ただ、この容量不足に対して、民間企業がどう対応するかなどの計画については明らかにされていない。また、民間施設では、コンテナ以外の貨物も取り扱っており、コンテナ取扱能力の向上を図るためには雑貨取扱施設の整理、コンテナ取扱い専門のヤードや荷役機械の整備を図らなければならないなど、整備に時間を要すると考えられる。

4.2.1 貨物量需要に示す需要予測の方法を基に、各年の需要量を予測した結果を表 5.4-1 に示す。2015 年中にはコンテナターミナル背後に計画されている SEZ の操業開始が求められているので、SEZ から発生する年間 7.5 万 TEU のコンテナを含む年間 16 万 TEU (High Case) 容量のターミナルを稼働させる必要がある。なお、仮に 2016 年に MITT におけるガントリークレーンが一举に 6 基増設され、MITT の優先的取扱権が最大 (年間 32 万 TEU) になったとしても、ティラワ地区港には新たなターミナルの供用が必要である。

6.1 施設等緊急整備計画に示すように、コンテナターミナル 1 バースでおおよそ年間 20 万 TEU のコンテナが扱えるので、Phase I として最低でも 1 バース (Phase I-1) のターミナルを供用させる必要がある。2019 年には 1 バースのターミナル容量である年間 20 万 TEU を超す需要が予想されるので、2018 年には Phase II としてさらに 1 バースを完成させる必要がある。続いて、2020 年には Phase II の容量年間 40 万 TEU を超す需要があるので、2019 年には Phase III として、さらに 2 バース (容量年間 40 万 TEU) の整備をする必要がある。

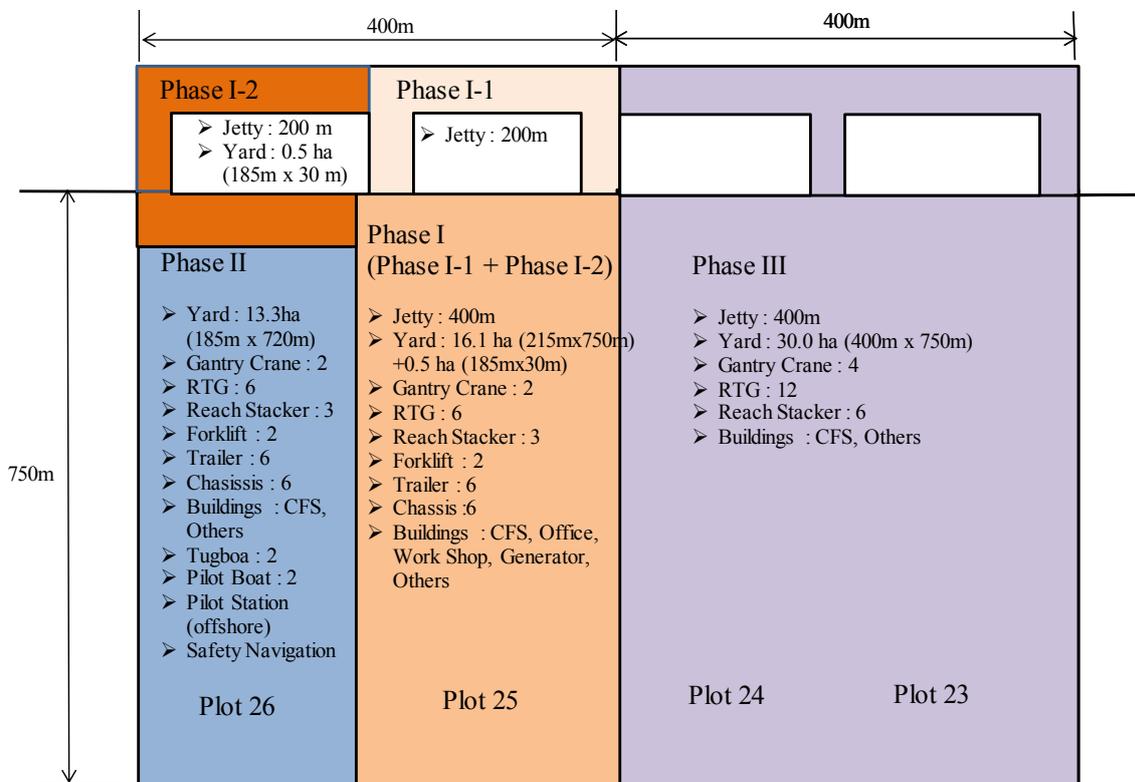
ティラワ地区港におけるコンテナターミナルの整備は貨物需要予測のケースごとに High Case と同様に検討した結果を表 5.4-1 に示す。また、ティラワ地区港におけるターミナルのレイアウトを図 5.4-1 に示す。

また、需要予測とティラワ地区港コンテナターミナルの整備 Phase 並びに容量の経年変化を図 5.4-2 に示す。図に示される通り、本プロジェクトの整備を実施したとしても、2015 年は急激な需要の伸びの中で容量がひっ迫し、予測される取扱貨物量の全量を扱うことが出来ず、容量の不足が顕在化し、港の容量不足がミャンマーの経済成長のボトルネックとなりうる可能性がある。

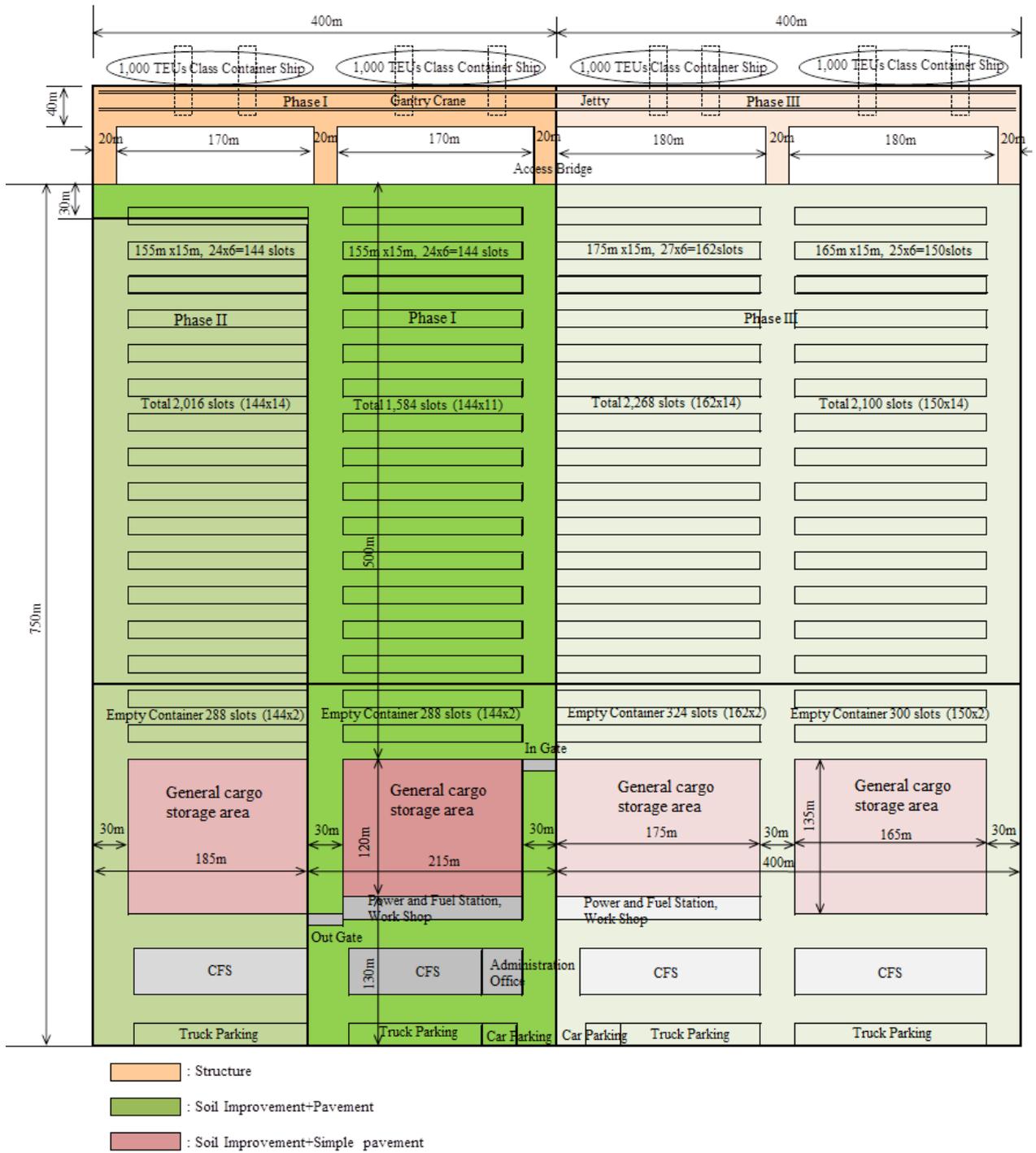
表 5.4-1 ティラワ地区港におけるコンテナターミナル整備計画

Calender year		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025		
Demand forecast ('000TEUs/y)	high case	509	615	744	892	1,058	1,248	1,464	1,709	1,986	2,299	2,653	3,052	3,502	4,014		
	middle case	509	615	736	873	1,023	1,194	1,385	1,599	1,843	2,104	2,400	2,731	3,098	3,507		
	low case	509	615	727	853	990	1,142	1,310	1,495	1,700	1,923	2,170	2,441	2,738	3,064		
Expected capacity ('000TEUs/y)		731	731	731	781	898	1,063	1,277	1,491	1,540	1,540	1,540	1,540	1,540	1,540		
Required additional capacity ('000TEUs/y)	high case	0	0	13	111	160	185	187	218	446	759	1,113	1,512	1,962	2,474		
	middle case	0	0	0	92	125	131	108	108	303	564	860	1,191	1,558	1,967		
	low case	0	0	0	72	92	79	33	4	160	383	630	901	1,198	1,524		
Project implementation schedule	high case	Phase I	-1														
		Phase II															
		Phase III															
	middle case	Phase I	-1														
		Phase II															
		Phase III															
	low case	Phase I	-1														
		Phase II															
		Phase III															

Note: [shaded box] : Construction and Procurement Period

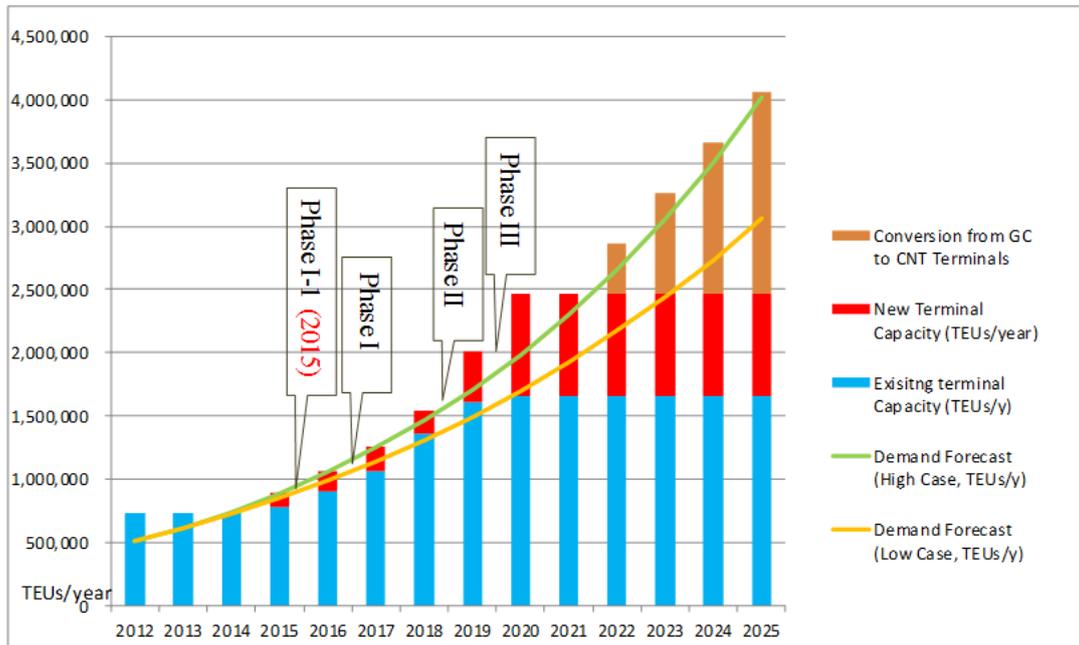


出典：調査団作成



出典：調査団作成

図 5.4-1 ティラワ地区港のターミナルレイアウト



出典：調査団作成

図 5.4-2 需要予測とターミナル整備時期並びに容量

なお、各 Phase の完成目標年と施設容量を表 5.4-2 に示す。

表 5.4-2 各 Phase の完成目標年と施設容量

Phase	完成年	施設容量 (約 TEU/年)
Phase I	I-1	2015
		2016
Phase II	2018	400,000
Phase III	2019	800,000

出典：調査団作成

なお、本プロジェクトの立地対象範囲は 1.3 調査対象地域に示す Plots 22~26 である。5.4 環境社会配慮に示すように、この地域は MPA の所有地であるにも拘らず Plots 22 および 23 にはそれぞれ 220 人と 42 人の住民が居住している他、全 plot の一部 (面積約 29 ha) が耕作に使用されている。用地は MPA の所有地であるものの、短期間に住民を移転させることは困難であるので、本プロジェクトの配置を Plots 23~26 とする。本プロジェクトのレイアウトを Google Map 上に描いたものを図 5.4-3 に示す。



出典：Google, 調査団作成

図 5.4-3 ティラワ地区港のターミナルレイアウト (Google Map)

High Case の貨物需要予測によると、2025 年にはヤンゴン港において年間約 400 万 TEU のコンテナ貨物量が発生すると予測されている (表 5.4-1 参照)。一方、ヤンゴン港におけるコンテナ取扱施設で最大限可能なコンテナは年間約 150 万 TEU と推定されている (表 5.4-1)。また、ティラワ地区港の延長 800m の新ターミナルでは年間約 80 万 TEU (約 20 万 TEU/バース x 4 バース) のコンテナを取扱う能力が確保される。したがって、2022 年以降にはヤンゴン港においてコンテナを取扱う施設が不足することになる (表 5.4-1 参照)。ティラワ地区港において MITT の 5 バース

を除いて雑貨を扱える、あるいは扱うことを予定しているターミナルは Plot 4、10、11、12、13、27 の 6 バース(表 3.2-1)である。2020 年以降の容量不足を補うためには、現在は雑貨や石油類、穀物類を扱うことを前提としているターミナルをコンテナ取扱ターミナルに転換や新しいターミナルを増設のうえ、岸壁の再配置を行う必要がある。コンテナターミナル 1 バースで約 20 万 TEU/年の取扱いができるので、表 5.4-3 の (1) に示すような工程で順次整備する。

Low Case の場合のヤンゴン港のコンテナ需要予測は約 300 万 TEU であり、2021 以降の各年の必要取扱容量と転換/増設必要バース数は表 5.4-3 の (2) に示すような工程となる。

表 5.4-3 ティラワ地区におけるコンテナターミナルへの転換/増設工程

(1) High Case の場合

年	2021	2022	2023	2024	2025
必要取扱容量 ('000TEU/年)	759	1,113	1,512	1,962	2,474
所要バース数	4	5	8	10	12
本事業整備バース数	4	4	4	4	4
転換/増設必要バース数	—	1	4	6	8
予定合計バース数	4	5	8	10	12

(2) Low Case の場合

年	2021	2022	2023	2024	2025
必要取扱容量 ('000TEU/年)	383	630	901	1,198	1,524
所要バース数	2	4	5	6	8
本事業整備バース数	4	4	4	4	4
転換/増設必要バース数	—	0	1	2	4
予定合計バース数	4	4	5	6	8

出典：調査団作成

なお、High Case の場合には 2025 年以降には所要バースは転換バースのみでは不十分となるので、4.1.4 ヤンゴン港整備の基本方針、(3) ヤンゴン港マスタープラン、表 4.2.12 で評価したようにティラワ地区港の北部地域に新たな港湾の展開を行う必要がある。

(2) 港湾施設設計

設計対象の港湾施設としては、岸壁、護岸、ヤードおよびヤードと岸壁を連絡する渡り橋である。

1) 設計基準と規格

a) 設計規準

ミャンマーでは港湾施設の技術基準が整備されていないため、港湾施設の設計は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」日本港湾協会に準拠した。その外、BS、PIANC、EURO-CORD、等も必要に応じて参考とする。

b) 規格

工業規格は日本工業規格（JIS）に準拠する。

2) 岸壁設計

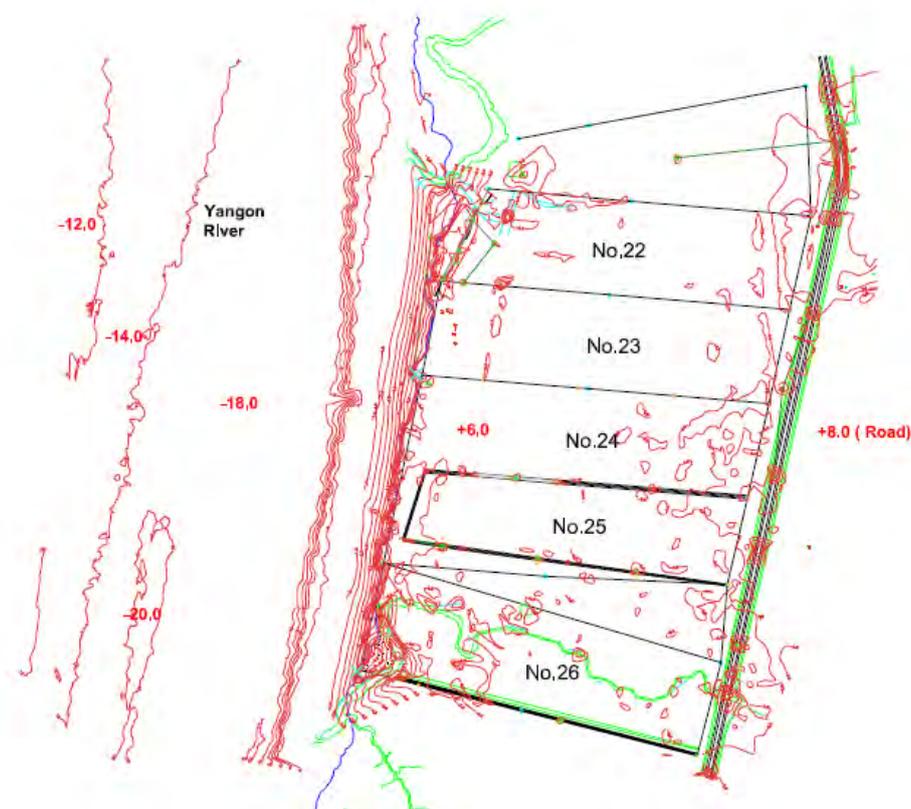
岸壁は、コンテナバースとして設計するが、多目的バースとして対応可能なよう設計する。

a) 設計条件

i) 自然条件

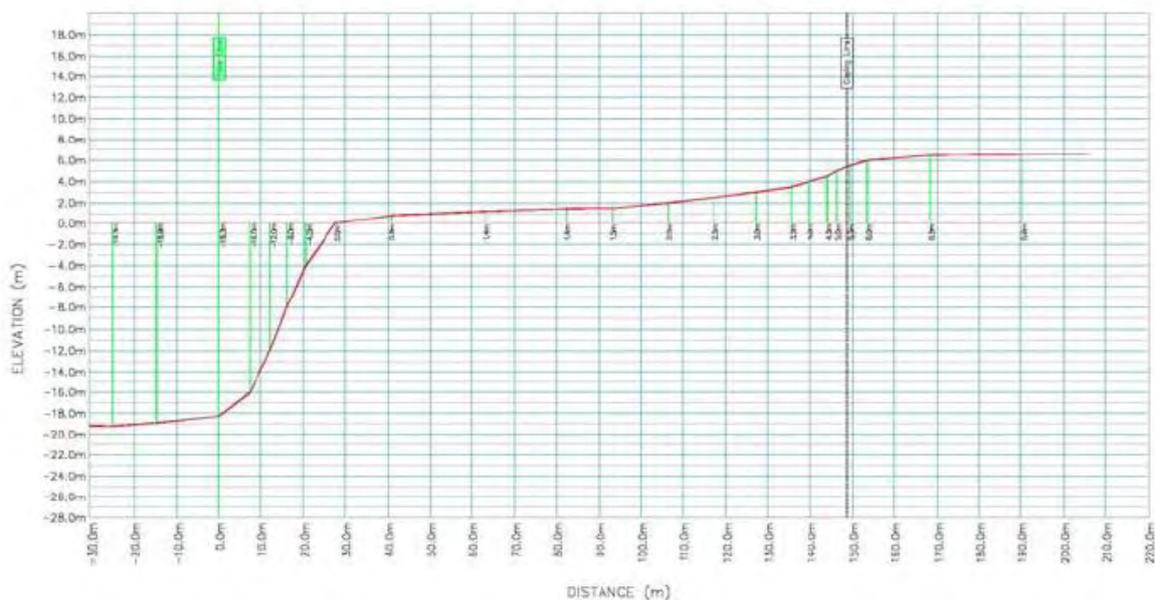
① 地形（地形測量結果）

計画地域の測量結果を図 5.4-4 に示す。計画地の河川側の標準断面によれば、以下のようなことがいえる。計画地の標準的な河川断面は、河川護岸から約 120m の範囲は、1 : 20 程度の勾配で河川中央に向かって CDL+0.0m 程度まで低くなっている。CDL+00m の付近から河川中央に向かって 1 : 2 程度の勾配で約 CDL-18.0m まで深くなっている。河川中央部の最大水深は CDL-20m 程度である。代表的な河川横断図を図 5.4-5 に示す。



出典：調査団作成

図 5.4-4 地形測量図

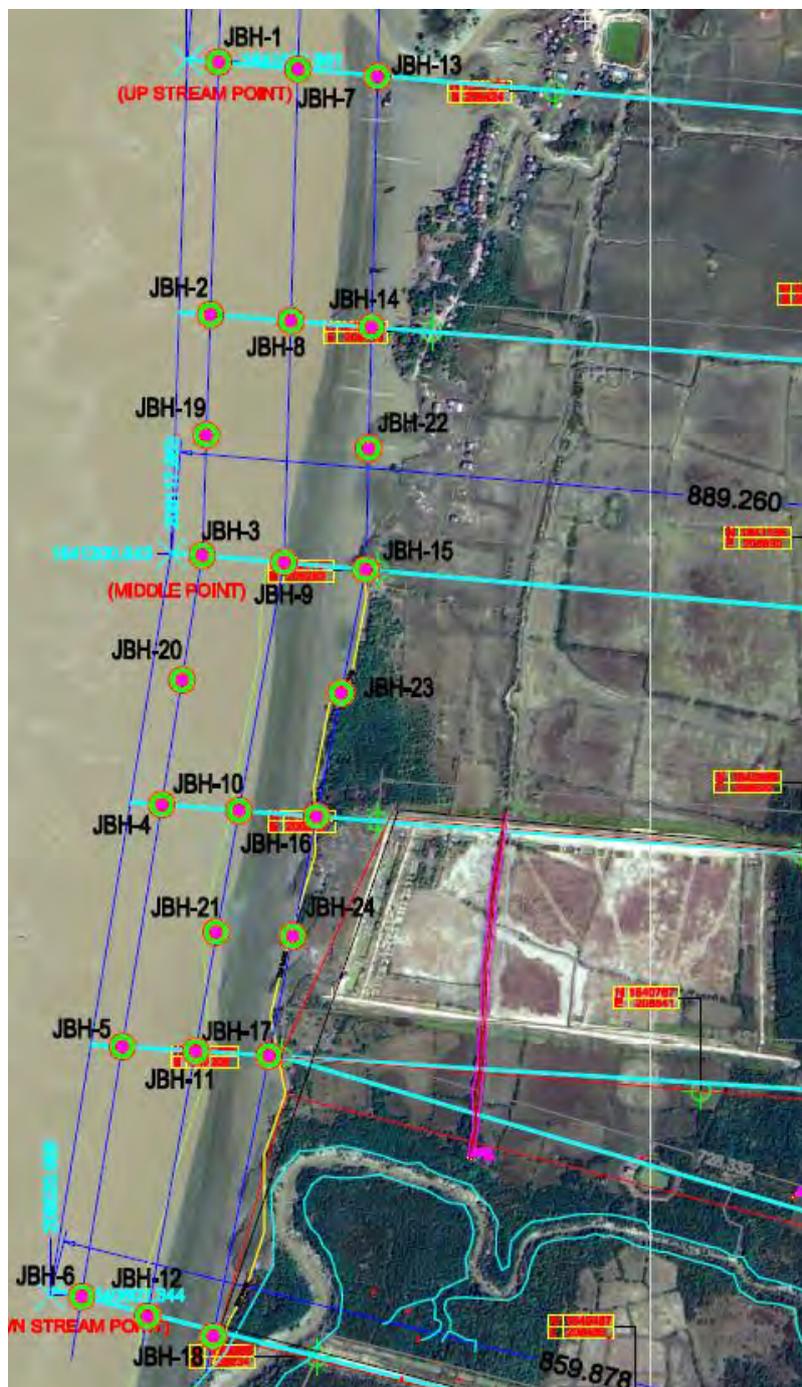


出典：調査団作成

図 5.4-5 河川標準横断面図

② 地質（調査位置、ボーリング柱状図、調査結果）

地質ボーリングの配置は、港湾施設縦横断方向の地質断面が把握できるよう計画した。計画地点の地質調査位置を図 5.4-6 に示す。

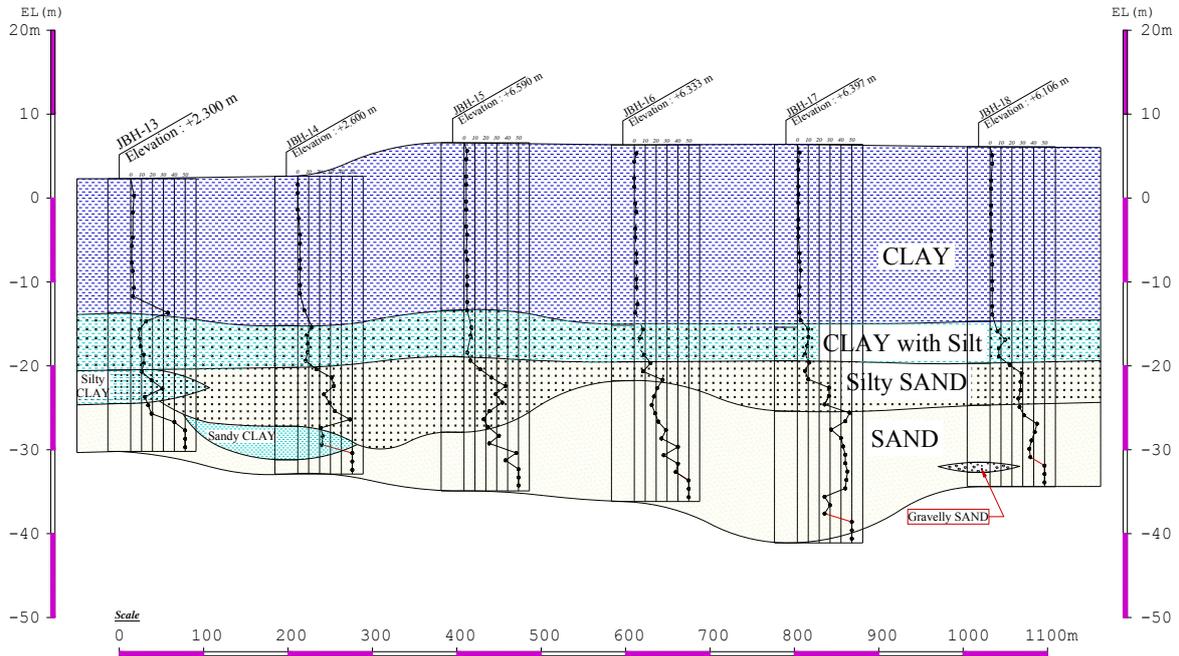


出典：調査団作成

図 5.4-6 栈橋側地質調査位置図

栈橋部の地質縦断面図を図 5.4-7 に地質断面図を図 5.4-8 に示す。

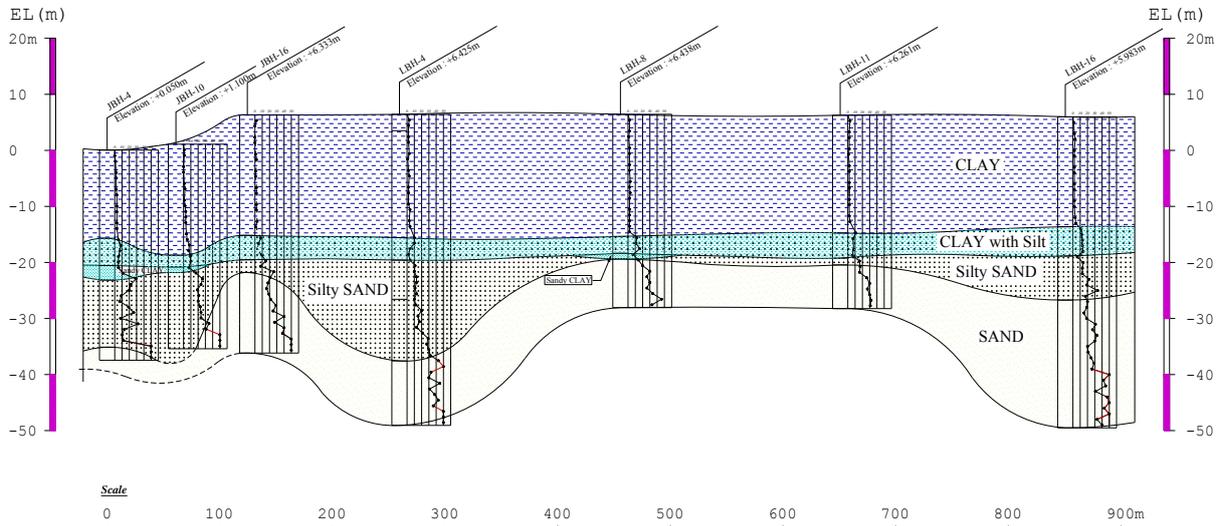
Soil Profile through JBH-13, JBH-14, JBH-15, JBH-16, JBH-17 & JBH-18



出典：調査団作成

図 5.4-7 栈橋部地質縦断面図

Soil Profile through JBH-4, JBH-10, JBH-16, LBH-4, LBH-8, LBH-11 & LBH-16



出典：調査団作成

図 5.4-8 栈橋部地質横断面図

- ・地質概要

栈橋部の地質概況は、以下のものである。

地表面から CDL-23m までの層は、非常に柔らかいシルトとなっている。さらに、CDL-23m から CDL-27m 位までの層は、シルト混じり砂が堆積している。CDL-27m 以下の層は、比較的締った砂層となっており、-35m 位で N 値が 50 以上になる。

各層の平均的な N 値は以下の様になっている。

- *非常に柔らかい粘土層の N 値は 1~3 の値を示している。
- *その次の層のシルト混じり砂層は、N 値 10~30 の値を示す。
- *最下部の比較的締まった砂層は N 値 30 以上を示している。

・設計用地質条件

地質調査結果より、設計用の地盤構成を以下のように設定する。

表 5.4-4 設計用地盤構成

	層	N 値	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	C (kN/m ²)	ϕ (°)
地表 -23.0m	柔らかい粘土	2	17	7	$C=1.79xZ+25.81$ (Z=0 at 0.0)	-
-27.0m	シルト混じり 砂層	30	19	10	-	32
	締った砂層	40	20	10	-	34

出典：調査団作成

③海象

・ 潮位

ティラワ地区の 1 年間(2009~2010 年)の潮位観測記録を基に調和解析によって算出された潮位を設計潮位とする。

表 5.4-5 ティラワ設計潮位

潮位	標高
HHWL	+7.10m
HWL	+6.24m
MWL	+3.28m
LWL	+0.33m
CDL	+0.00m

出典：調査団作成

・ 潮流

流速は、現地での観測記録がないため、ヤンゴン港の設計流速を採用する。

流速 最大流速 : 6kt = 約 3.1m/s
 流向 最大流速時の流向は、下流向きである。

・ 波浪

計画地点は、川幅が広く吹送波が発生する。有効吹送距離と継続最大風速より、SMB 法により吹送波を推算した結果が以下の表である。波浪推算での最大風速は 40m/s とし、波向きは吹送距離の方向とした。推算結果を表 5.4-6 に示す。

表 5.4-6 推算吹送波浪

波向	有効吹送距離 (Km)	波高 H1/3(m)	周期 T1/3(m)
S	2.50	1.5	3.2
SW	3.33	1.7	3.5
W	2.87	1.6	3.4
NW	3.32	1.7	3.5

出典：調査団作成

上記表から設計波浪は、以下のように設定された。

表 5.4-7 設計波浪

波高	H1/3=1.7m
周期	T1/3=3.5s
波向き	SW,NW

出典：調査団作成

④気象

・ 風

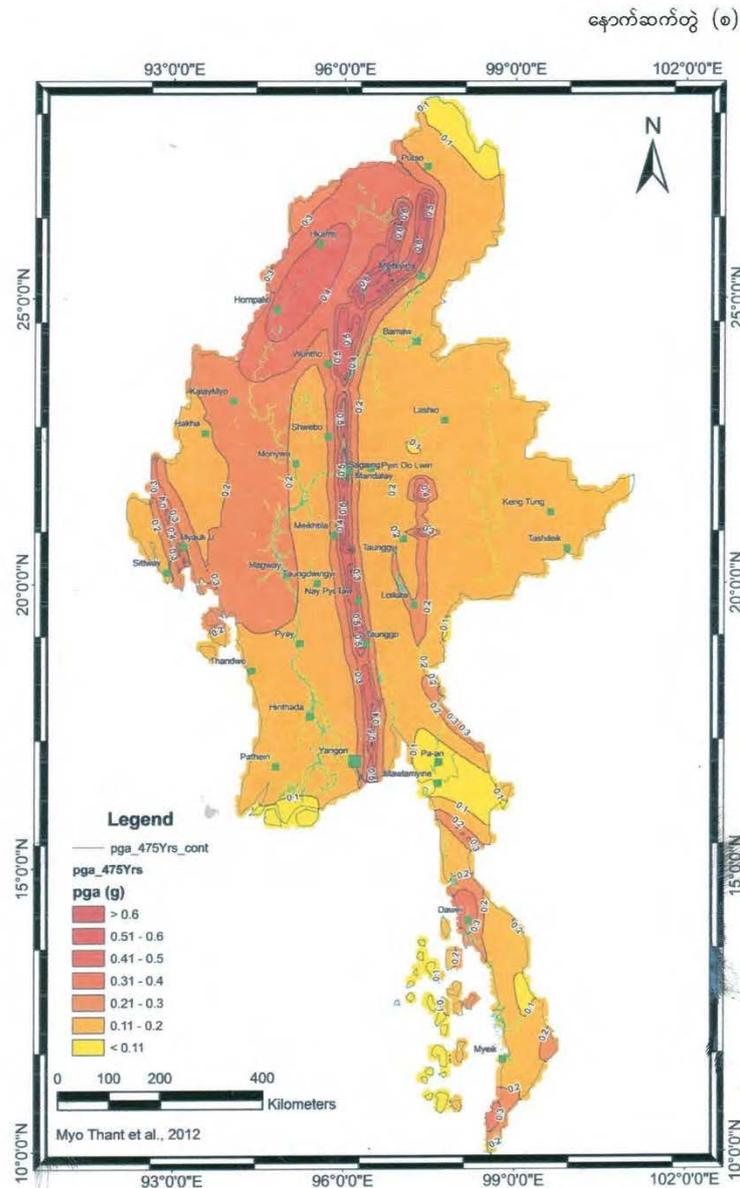
計画地点では、現地での風観測記録がなく、ヤンゴンでの風観測記録より設計風速を決定する。サイクロナルギス来襲時の風観測記録は以下のものである。

- 最大風速：59.2m/s
- 瞬間最大風速：72m/s

これより、設計最大風速を 60m/s、瞬間最大風速を 72m/s とする。

・ 地震

ミャンマーの地震ゾーニングマップより、ティラワでの地震係数を算定する。



Probabilistic Seismic Hazard Map of Myanmar for 10% probability of exceedance in 50 years (475 years recurrent interval), the seismic hazard is described in term of peak ground acceleration (PGA) in g (firm rock).

出典：Myanmar Earthquake Committee (MEC)

図 5.4-9 地震震度マップ

この地震ゾーニングマップによれば、ティラワ地区はエリア III に位置する。

地震エリア：III

地域震度：0.20

重要度係数：1.25

地盤係数：1.2

構造物による低減係数：0.5

これらの係数より構造物に対する設計水平震度 (Kh) を算定すると、Kh=0.15 となる。本設

計では、鉛直震度は考慮しない。従って、 $K_v=0.0$ とする。

ii) 計画条件

①法線計画

Plot 22～26 の MPA 計画バース法線は、Plot 23 と 24 の境界で屈曲している。屈曲した岸壁法線は、連続したバースとしての利用に支障があるので、Plot 22～26 の岸壁法線を直線とする案の検討を行った。

法線の検討では、以下のような条件を考慮する必要がある。

- ①MPA は全 Plot に亘り水深を考慮した法線を設定し民間会社等に売却をしている。
- ②各自の所有する Plot 内の法線は変更可能だが、隣接 Plot の法線接続位置は大きく変更することはできない。
- ③計画対象地域の河川は湾曲しているため、本計画範囲で法線を直線にしても隣接プロット (22,27) の法線と本計画法線とは屈曲させざるを得ない。

これらの条件で、以下のような法線案を検討した。

1 案：MPA 法線の Plot 22 と 26 側の両端を結ぶ直線の法線にする案。

法線位置の水深が深く (-18m) なり、栈橋断面がさらに大きなものとなる。

2 案：Plot 22～23 の MPA 法線を 26 側に延長して直線の法線にする案。

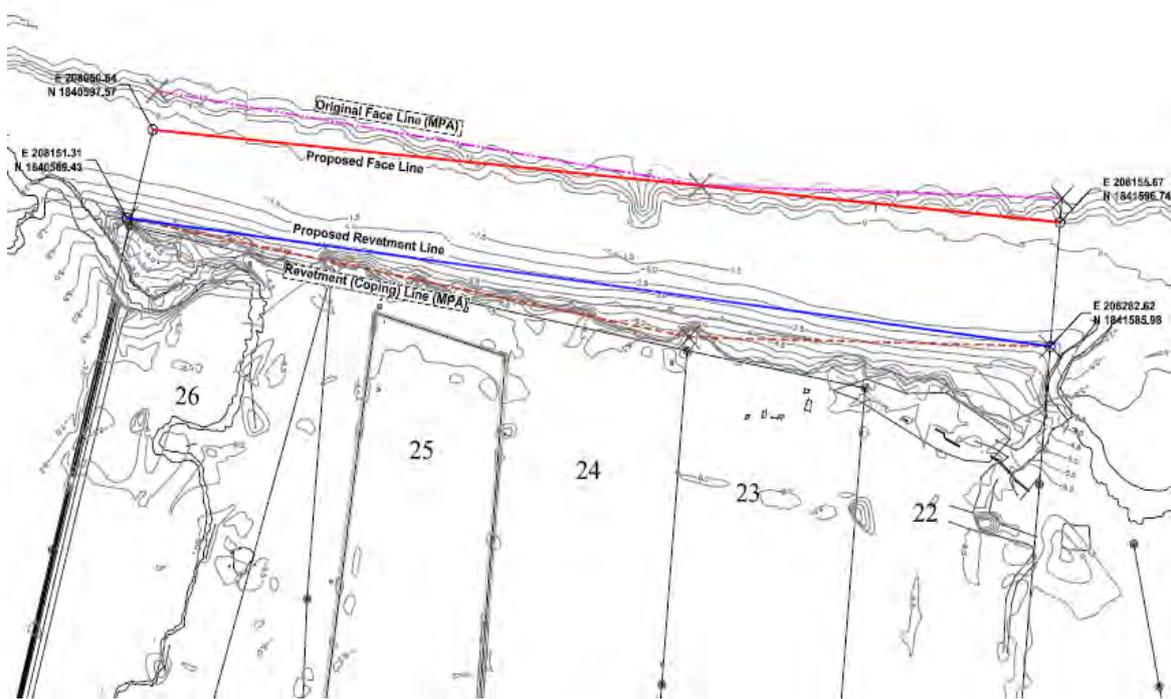
26 側の法線が大きく護岸側に近づき、護岸の前面が掘削されることにより円弧滑りの安定が保てない。

3 案：Plot 26 前面の法線位置を護岸に影響がない位置まで護岸側に寄せ、MPA 法線の屈折点を通る直線の法線にする案。

護岸に影響がなく、出来るだけ現状水深を生かし、浚渫量はあまり多くない。

本計画法線でも隣接法線との間にずれが生じるが、MPA からは許容範囲であるとの了解が得られている。

これらの検討より、3 案の Plot 26 の前面法線位置を護岸に影響がない位置まで護岸側に寄せ、MPA 法線の屈曲点を通る直線の法線にする案を提案した。バース計画法線を図 5.4-10 に示す。



出典：調査団作成

図 5.4-10 岸壁及び護岸法線

②整備バース数

全体計画整備対象バース数は、Plot 23 から 26 までの 4 バースである。

③ 対象船舶

対象船舶は、20,000DWT 級のコンテナ船を対象とする。設計では、ヤンゴン港への入港船舶実績を考慮して、喫水最大 9.0m、積載コンテナ数を 1,000TEU を対象船舶諸元にした。20,000DWT 級コンテナ船の諸元は表 5.4-8 に示す。

表 5.4-8 コンテナ船標準船型諸元

Container ship

Dead Weight Tonnage (DWT)	Length overall (m) (Loa)	Length between perpendiculars (m) (Lpp)	Molded breadth (m) (B)	Full load draft (m) (d)	Reference : Container carrying capacity (TEU)
20,000	177	165	27.1	9.0	1,000

出典：「港湾の施設の技術上の基準・同解説」日本港湾協会を一部修正

④接岸力

船舶の標準的な接岸速度は、下表のように示されている。

表 5.4-9 平均接岸速度

Dead Weight Tonnage (DWT)	Berthing velocity (cm/s)			
	General cargo ships	Container ships	Pure car carriers	All ships
1,000class	8.1	—	—	8.1
5,000class	6.7	7.8	—	7.2
10,000class	5.0	7.2	4.6	5.3
15,000class	4.5	4.9	4.7	4.6
30,000class	3.9	4.1	4.4	4.1
50,000class	3.5	3.4	—	3.4
All ships	5.2	5.0	4.6	5.0

出典：「港湾の施設の技術上の基準・同解説」日本港湾協会

対象船舶である 20,000DWT のコンテナ船では、静穏な港湾における接岸速度は、この表より 5cm/sec 程度と推定される。本設計では、流速の速い河川港での接岸であることを考慮して、安全側の 10cm/sec とした。

接岸力の算定

接岸エネルギーは以下のように算定される。

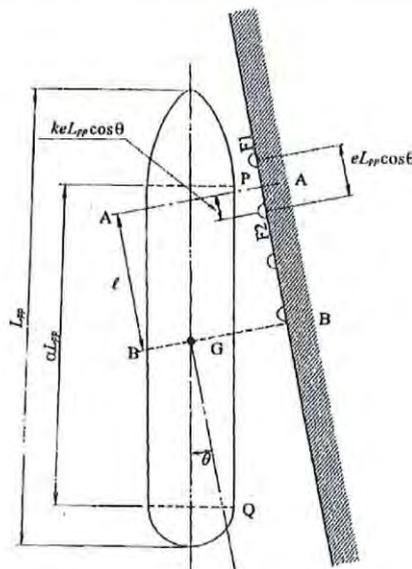
接岸エネルギーの算定では、安全側として、満載喫水 9.9m の標準船型諸元で計算する。

表 5.4-10 接岸エネルギー計算

Calculation of Berthing Energy

Key-in Data

Type of Vessel		Container Vessel	
Deadweight Ton	DWT	20,000	ton
Length (over all)	Loa	177.0	m
Length (between perpendiculars)	Lpp	165.0	m (Assumed)
Breadth	B	27.1	m
Depth	D	14.3	m
Draft (full)	d	9.9	m
Displacement	Ws	29094	ton (Assumed)
Berthing Angle	TH	10	degrec (Assumed)
Hydrodynamic coefficient	Cm	1.899	$Cm=1+(\text{pai}/2Cb)(d/B)$
Block coefficient	Cb	0.638	$Cb=Ws/(LppXBXdX1.03)$
Eccentricity coefficient	Ce	0.658	$Ce=1/(1+(l/r)^2)$
Radius of gyration	r	38.15	m $r=(0.19Cb+0.11)Lpp$
Distance alongside the water line from the center of gravity of vessel to the berthing point	l	27.50 min(l1,l2)	m $l1=(0.5a+e(1-k))LppX\text{cos}(TH)$ $l2=(0.5a-ek)LppX\text{cos}(TH)$
Fender Spacing	Lf	10.00	m (Assumed)
Coefficient of parallel side	a	0.40	
Coefficient of Fender interval	e	0.062	$e=Lf/(LppX\text{cos}TH)$
Coefficient of berthing point	k	0.50	
Block coefficient	Cb	0.638	$Cb=Ws/(LppXBXdX1.03)$
Softness coefficient	Cs	1.0	
Berth configuration coefficient	Cc	1.0	
Berthing Velocity	V	0.10	m/sec (Assumed)
Berthing Energy	E	181.8	kN-m $E=0.5XWsXV^2XCmXCeXCsXCc$
Safety factor	Sf	1.10	(Assumed)
Abnormal Berthing Energy	Ea	200.0	kN-m $Ea = E \times Sf$



出典：調査団作成

表 5.4-11 セル型 防舷材吸収エネルギーと反力

CSS1000H		F4	F3	F2	F1	F0
0	E/A(kN-m)	143	171	204	243	290
	R/F(kN)	313	374	446	533	636
1	E/A(kN-m)	147	176	210	251	299
	R/F(kN)	322	385	460	549	655
2	E/A(kN-m)	152	181	216	258	308
	R/F(kN)	332	396	473	565	675
3	E/A(kN-m)	156	187	223	266	317
	R/F(kN)	342	408	488	582	695
4	E/A(kN-m)	161	192	229	274	327
	R/F(kN)	352	421	502	600	716
5	E/A(kN-m)	166	198	236	282	359
	R/F(kN)	363	433	517	618	788
Bolt Size: X6pcs		M30	M30	M30	M30	M36

出典：メーカーカタログ

以上より、20,000DWTのコンテナ船の接岸エネルギーは約200kN-mと算定され、防舷材は、セル型1000Hを10m間隔で設置する。防衝版の長さは、潮位を考慮して6.0mのものを設置する。防舷材反力は、若干の余裕を考慮して750kN/基とした。

⑤係留力

係船施設は、対象船舶によって標準的に表5.4-12のように設定されている。

表 5.4-12 標準的係船柱

Gross tonnage of ship (t)	Tractive force acting on mooring post (kN)	Tractive force acting on bollard (kN)
Over 200 and not more than 500	150	150
Over 500 and not more than 1,000	250	250
Over 1,000 and not more than 2,000	350	250
Over 2,000 and not more than 3,000	350	350
Over 3,000 and not more than 5,000	500	350
Over 5,000 and not more than 10,000	700	500
Over 10,000 and not more than 20,000	1,000	700
Over 20,000 and not more than 50,000	1,500	1,000
Over 50,000 and not more than 100,000	2,000	1,000

出典：「港湾の施設の技術上の基準・同解説」日本港湾協会

設計では、20,000DWT(約18,00GT)の船舶を対象として、700kNの係船曲柱を25mピッチで配置する。

⑥上載荷重

上載荷重は、短期のコンテナ蔵置や車両などを考慮して 20kN/m² を考慮する。地震時の上載荷重は、常時の 1/2 を考慮する。

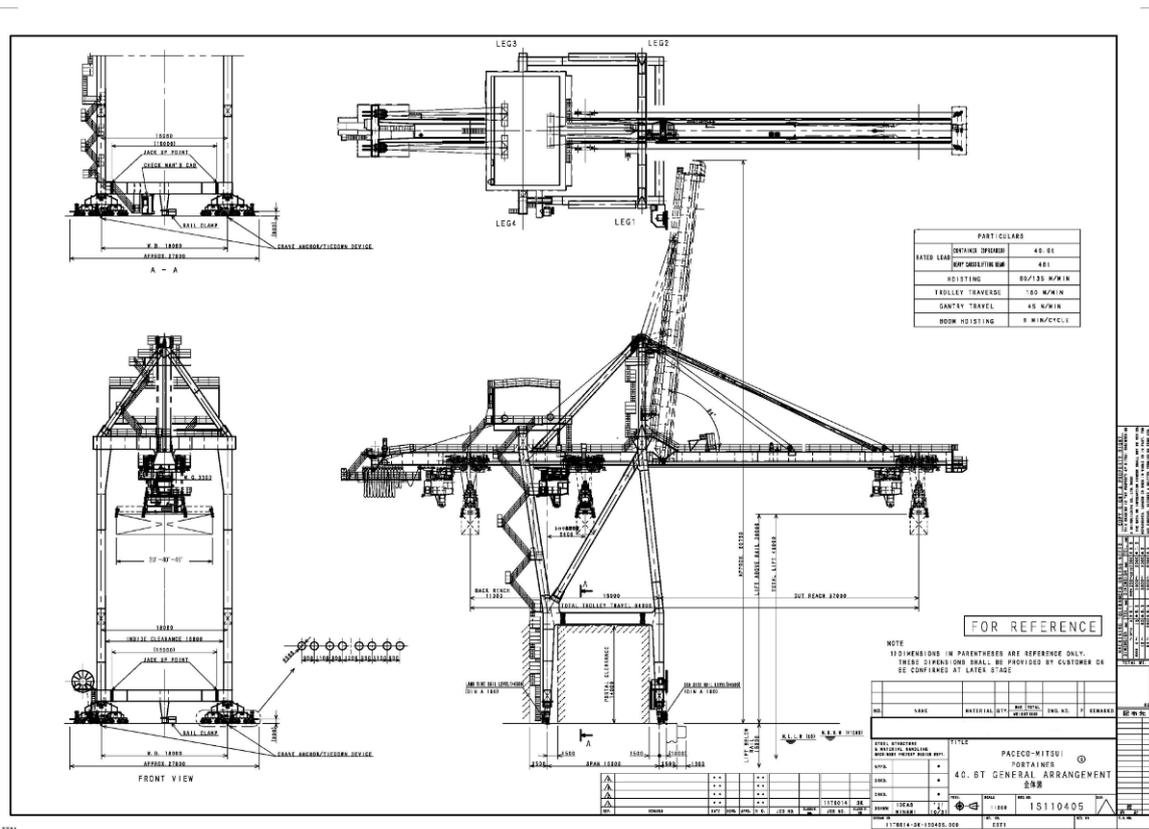
上載荷重

常時 : 20kN/m²

地震時 : 10kN/m²

⑦岸壁荷役機械

岸壁荷役機械は、20,000DWT コンテナ船 対応のガントリークレーンを想定した。クレーンのレールスパンは、20,000DWT コンテナ船 対応のガントリークレーンとして実績の多い 16m とした。図 5.4-11 にガントリークレーンの参考図を示す。



出典：メーカー参考図

図 5.4-11 ガントリークレーン参考図

20,000DWT コンテナ船 対応のガントリークレーンの設計輪荷重は、表 5.4-13 のように設定した。

表 5.4-13 ガントリークレーン設計輪荷重

Condition	Wheel Load(Max)
Operating	450kN/wheel
Stowed	600kN/wheel
Seismic	450kN/wheel
Crane Total Weight	7000kN

出典：調査団作成

b) 施設基本構造の検討

i) 岸壁基本諸元の検討

バース延長

バース延長は、設計対象の 20,000DWT コンテナ船の舶諸元より決定する。バース延長は、最大船長と係留索の必要長さを考慮して算定した。

$$177\text{m} + 2 (27.1\text{m} \times \sin 45^\circ) = 204.1\text{m}$$

算定結果より連続バースであることを考慮し、1バースの延長を 200m とした。

バース計画水深

バース水深は、20,000DWT の船舶の実績最大喫水 9.0m より 10%の余裕水深を考慮した。

$$\text{バース計画水深} : 9.0\text{m} \times 1.1 = 9.9\text{m}$$

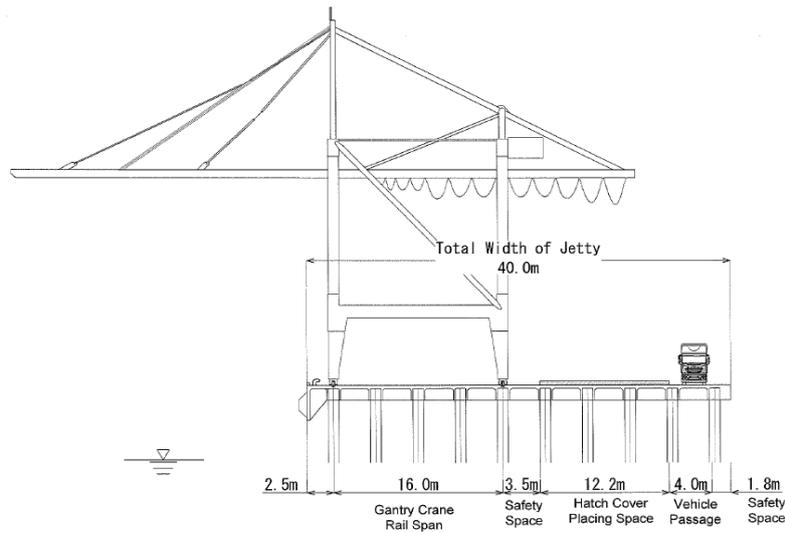
従って、バース計画水深は、10.0m とする。

バースエプロン幅

バースエプロン幅は、図 5.4-12 のような幅員構成を想定して決定した。

- 岸壁法線と海側レールとのクリアランス：2.5m
- ガントリークレーンのレール幅：16.0m
- ガントリークレーン陸側レールとハッチとのクリアランス：3.5m
- 最大ハッチ幅：12.2m x 棧橋背後通路幅：4.0m
- ハッチと岸壁背後クリアランス：1.8m

以上より、合計の必要波場は、40.0m とした。図 5.4-12 に幅員構成を示す。



出典：調査団作成

図 5.4-12 栈橋幅員構成

バース天端高

バース天端高は、以下の表のように計画地点の潮位と潮位差より決定する。

表 5.4-14 標準岸壁天端高

	When the tidal range is 3.0 m or more	When the tidal range is less than 3.0 m
Mooring facilities for large vessel (with a water depth of 4.5 m or more)	+ 0.5 ~ 1.5 m	+ 1.0 ~ 2.0 m
Mooring facilities for small vessel (with a water depth of less than 4.5 m)	+ 0.3 ~ 1.0 m	+ 0.5 ~ 1.5 m

出典：「港湾の施設の技術上の基準・同解説」日本港湾協会

ティラワの潮位差は、 $HWL\ CDL + 6.24m - LWL\ CDL + 0.33\ m = 5.91m$ である。上記表より、天端高は、 $CDL + 6.42m + 0.5m \sim 1.5m = CDL + 6.92m \sim CDL + 7.92m$ と算定される。経済性を考慮して、岸壁天端高は、 $CDL + 7.5m$ とした。埋立地天端高さ $CDL + 8.0m$ との差は、渡橋で摺りつける。

c) 岸壁構造の検討

i) 岸壁構造タイプの選定

岸壁の構造タイプは、現地状況との適応性によって選定される。現地状況は以下のようである。

- ・ 地盤の状況

岸壁計画地点の地盤は、川底から CDL-20m 位まで、N 値 3 以下の軟弱なシルト層である。従って、岸壁施設のタイプによっては、地盤改良が必要となる。

・河川の状況

計画地点の川岸は、河川の早い流れによって浸食されている。従って、造物によって流速や流向に変化を与えた場合、周辺への影響が大きいと予想される。構造タイプをこれら現地状況によって検討すると以下ようになる。

表 5.4-15 概略構造タイプ比較

	地盤状況	河川状況	総合評価
重力式	×	×	×
杭式	○	○	○
矢板式	△	×	×
セル式	△	×	×

○：適応、△対処可能、×：不適

出典：調査団作成

比較表より、本計画地点に推奨できる構造タイプは、杭式構造である。

ii) 比較構造断面

杭式の岸壁には、直杭式、組杭式の一般的な栈橋形式と、杭本数の減少や現場施工性の向上などを目的とした格点ストラット形式、ジャケット形式等を比較案として選定した。比較栈橋構造は、以下のような特徴を持つ。比較構造は、現地の設計条件により設計し比較断面とした。

①直杭式栈橋

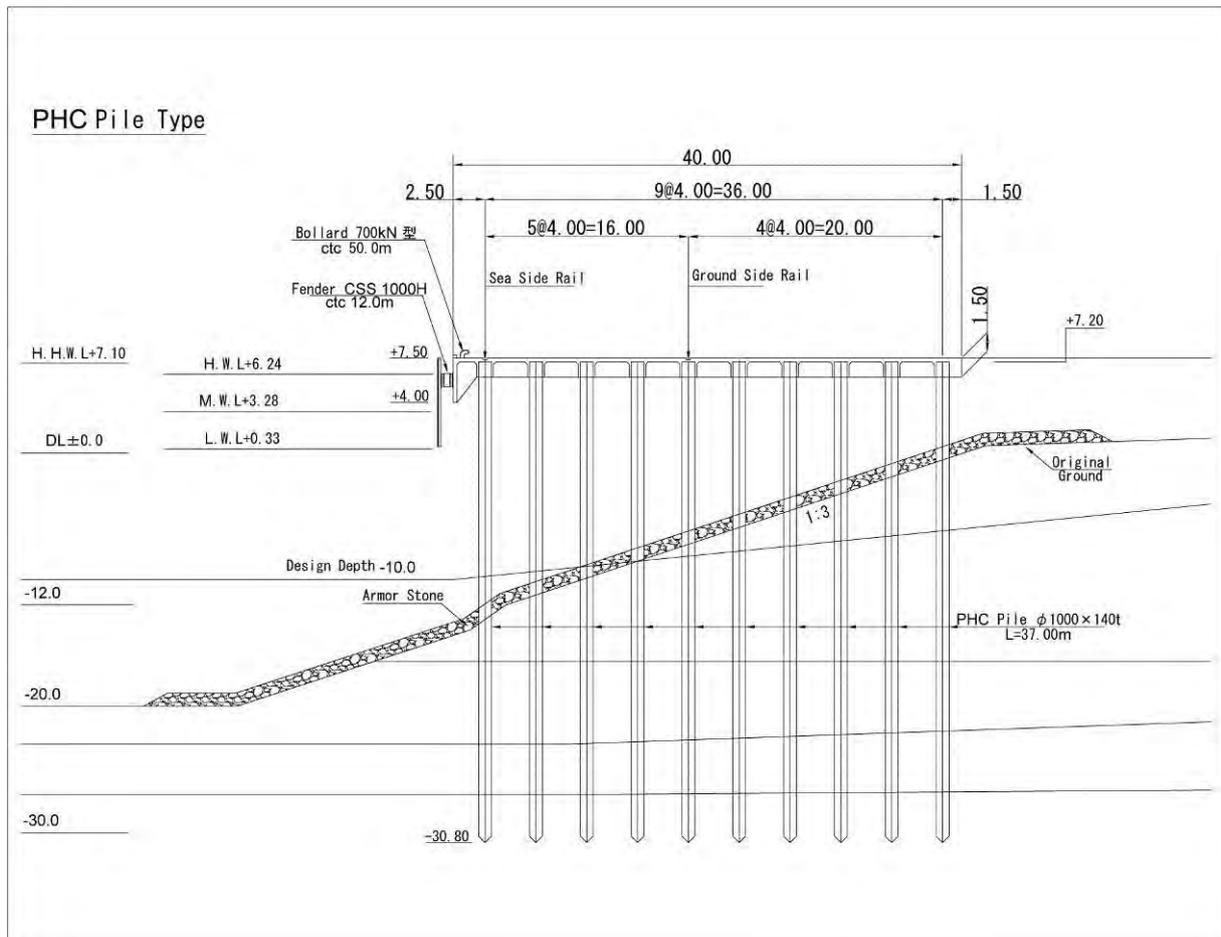
鉛直杭による一般的な栈橋タイプである。この形式の栈橋は、ヤンゴン港に多数存在している。

特徴

- 杭の種類は安価な PHC 杭の使用が可能である。
- 水平力に対する耐力が小さい。
- 杭の自由長が大きいと、杭数の増加や大断面の杭が必要となる。
- 杭の打設は容易である。
- 水平変位が大きい。

比較対象断面

ヤンゴン港での実績の多い PHC 杭を比較断面とした。上部工は現場打ちの RC 構造を想定した。設計された直杭式栈橋の標準断面図は図 5.4-13 の様である。



出典：調査団作成

図 5.4-13 直杭式栈橋案(PHC 杭)

②組杭式栈橋

組杭式栈橋は、水平力に対して斜杭で対応する形式である。ヤンゴン港にも同じ形式の栈橋がある。(PHC 杭)

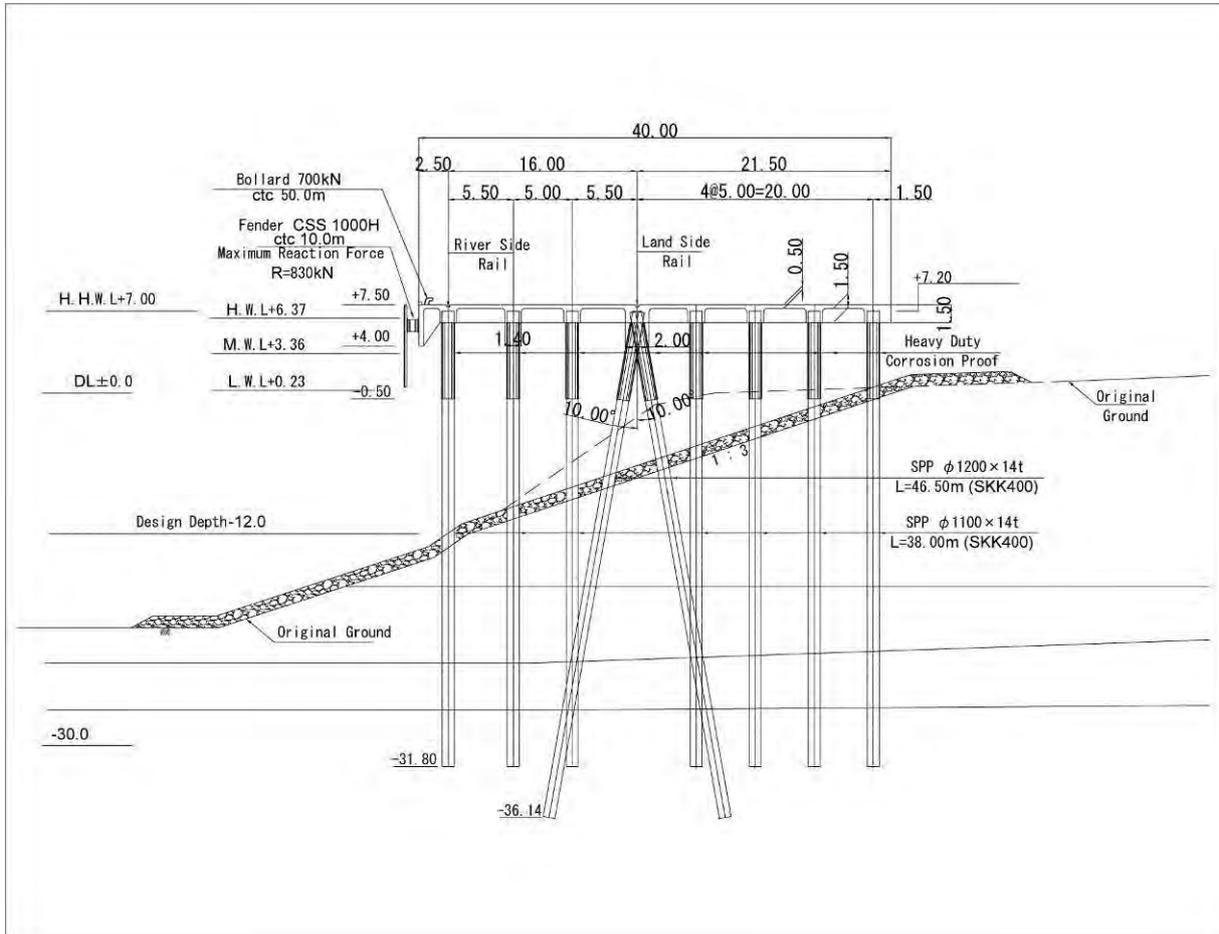
特徴

- 斜杭は、鋼管杭が多く用いられる。
- 水平力に対する耐久力は大きい。
- 杭本数が、直杭式に比べてあまり減らない。
- 斜杭は、打設に特別な施工機械が必要。
- 水平変位は少ない。

比較対象断面

岸壁前面の水深が大きいため、大きな杭断面となることが予想される。従って、比較断面としては鋼管杭の組杭形式を比較断面とした。上部工は現場打ちの RC 構想を想定した。設計さ

れた組杭式栈橋の標準断面図は図 5.4- 14 の様である。



出典：調査団作成

図 5.4-14 組杭式栈橋(鋼管杭)

③ストラット式栈橋

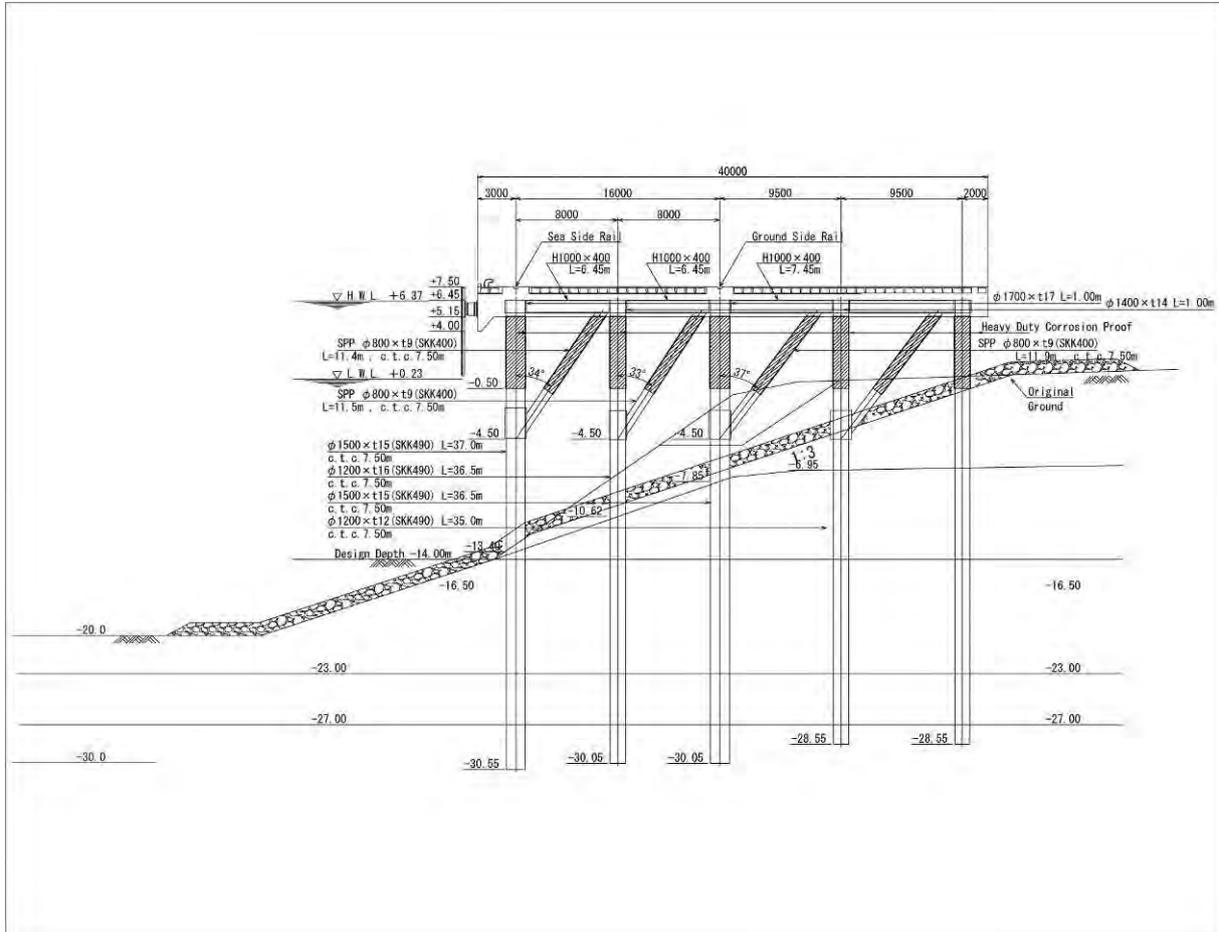
ストラット栈橋は、杭にストラットを取り付けて上部構造を補強した構造である。直杭形式より杭本数を減らすことが可能な構造である。ヤンゴン港での実績はない。

特徴

- 杭打設の精度が要求される。
- ストラットで杭が結ばれ水平力に強い。
- ストラットと杭を現場で結合する作業が必要となる。
- 杭の種類は鋼管杭でないとストラットの結合が難しい。
- 杭とストラットを分割できるので、大きなクレーンは不要である。
- 水平変位は少ない

比較対象断面

LWL 付近でストラットと杭を連結する断面とした。杭本数を減らすため、陸側の杭もストラットで連結した。上部工はプレキャスト RC 構造を想定した。設計されたストラット式栈橋の標準断面図は図 5.4- 15 の様である。



出典：調査団作成

図 5.4-15 ストラット式栈橋

④ ジャケット式栈橋

ジャケット栈橋は、杭の上部をトラス構造のジャケットで結合した構造。上部が剛な構造なので杭本数を減らすことが可能な構造。ヤンゴン港での実績はない。

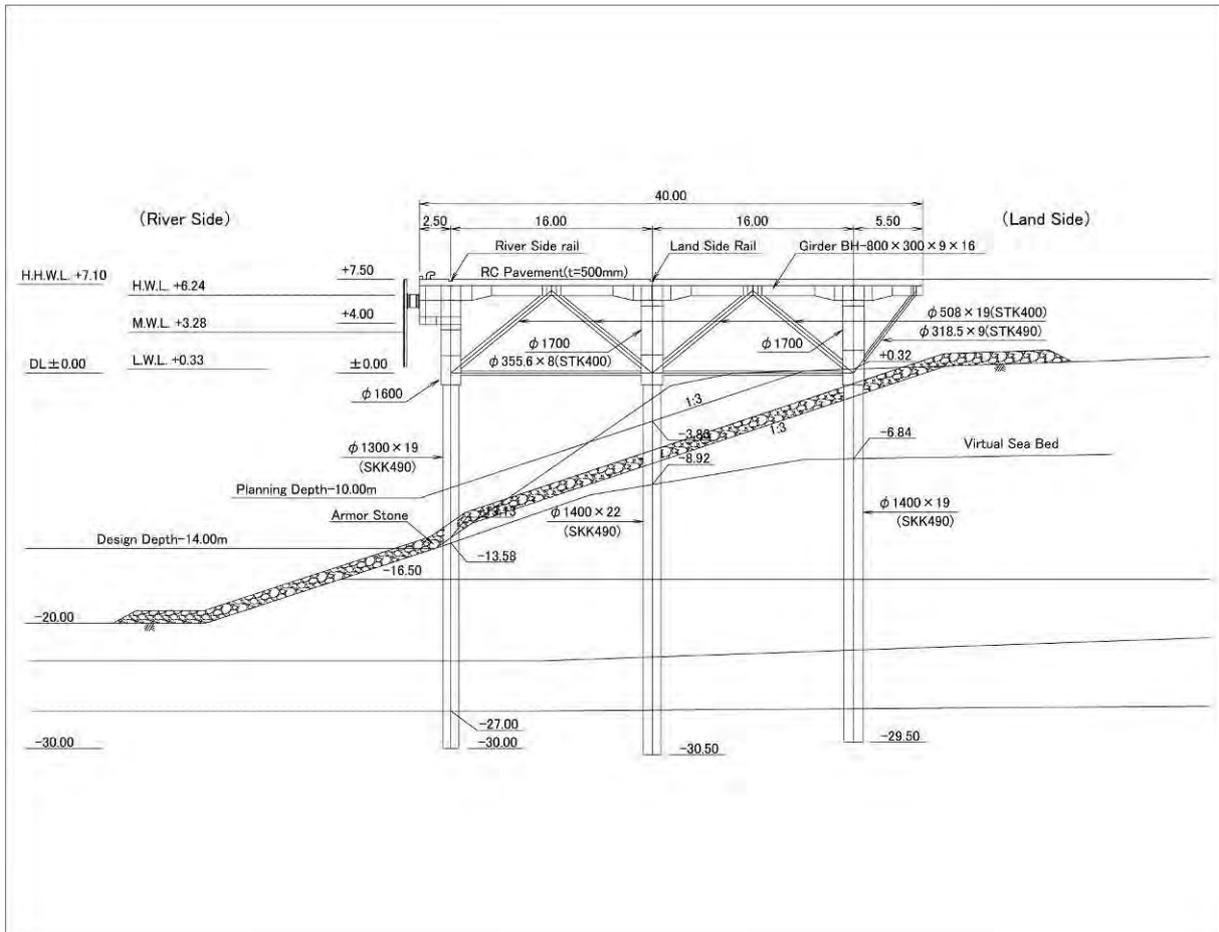
特徴

- 杭打設とジャケットの施工精度が必要。
- 上部構造が剛なので水平力に強い。
- 水平変位は少ない。
- 杭とジャケットは鋼管となる。
- 現場の据え付けに大きなクレーンが必要。

- 水上での施工期間が短く出来る。

比較対象断面

ジャケット構造は、杭本数の減少させた構造とした。ジャケット部は、現場のヤード製作も可能なものとした。上部工は、プレキャスト構造を想定した。設計されたジャケット式栈橋の標準断面図は図 5.4-16 の様である。



出典：調査団作成

図 5.4-16 ジャケット式栈橋

iii) 構造案の比較選定

杭式構造案は、安定性、施工性、経済性について比較を行った。比較表を表 5.4-16 に示す。

特に、施工性において、現地河川の以下のような特徴から、緊急備計画においては、現地水上作業工期が出来るだけ短期に終了できることが、構造選定において非常に重要と判断した。

- 流速が速く、潮位によって流向が反転する。
- 潮位差が 6m 以上と非常に大きい。
- 河川水の濁りがひどく、水中作業が困難。

➤ 特に、雨季は、これらの状況が特に悪化する。

また、緊急整備計画では 2015 年末のオペレーションを開始するには、少なくとも 1 バース完成していることが必要であり、この結果、2015 年に供用が可能で本計画地に適している構造案は、ジャケット構造案が推奨構造タイプと判断された。

全体整備計画の残りの 2 バースにおいては、特に工期の制約がないため経済的な組杭式が有利と判断される。

構造案の比較表を表 5.4-16 に示す。

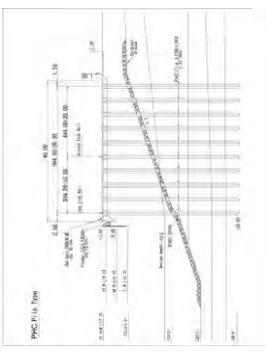
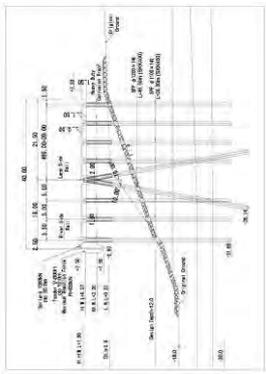
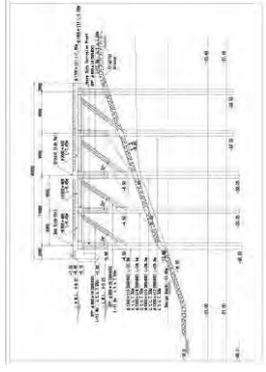
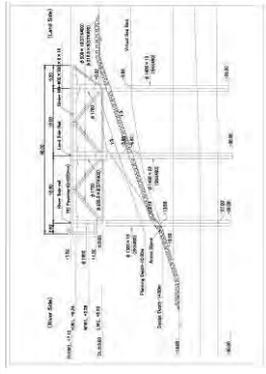
緊急整備計画と全体計画では工期の重要性が異なるため緊急整備計画部分とその他の部分は異なる構造断面にした方が全体的に経済性を満足させられる。

iv) 計画断面

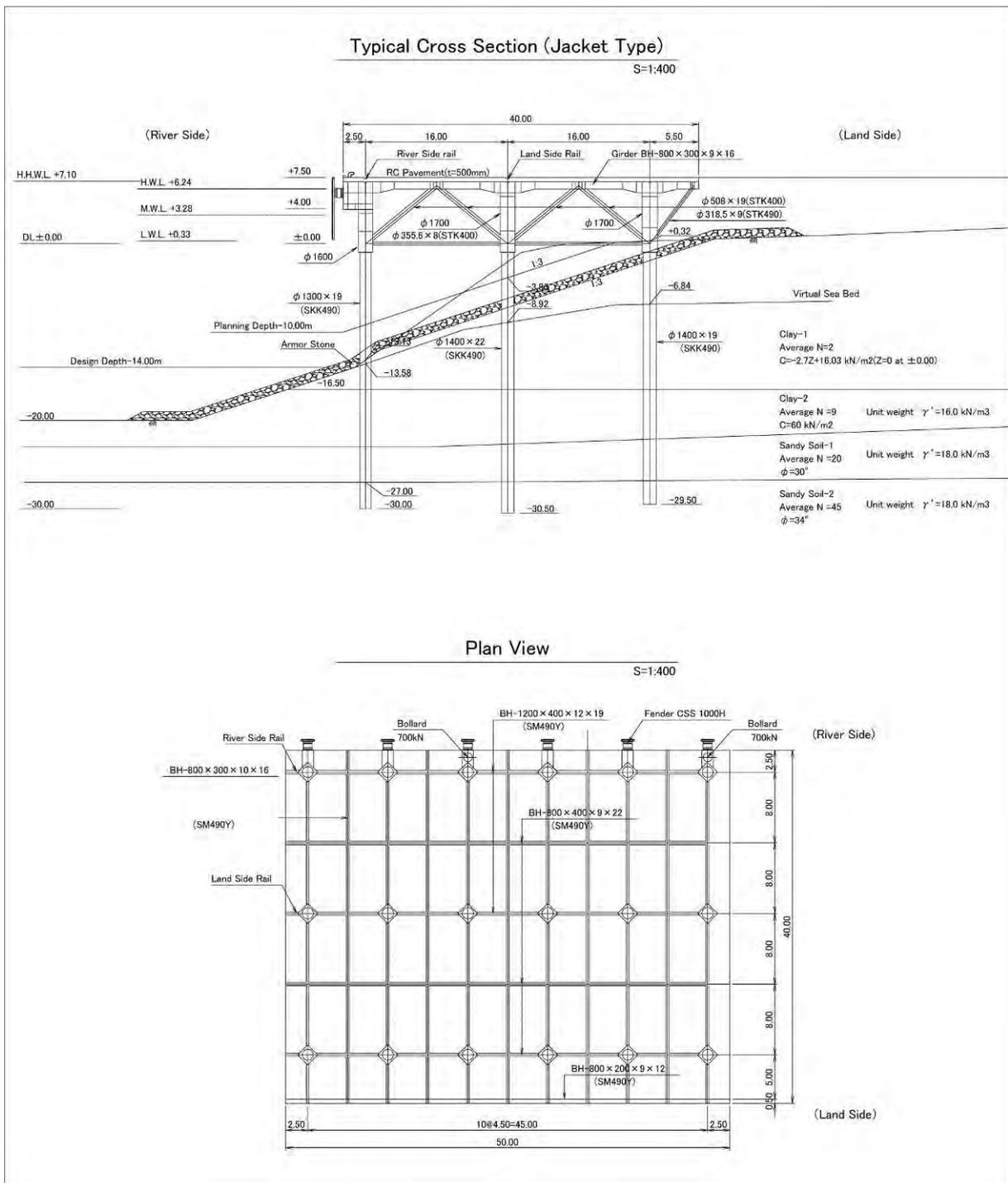
計画断面としては、さらに以下のような点を考慮した。現地盤が、計画水深 DL-10.0m より浅い部分は浚渫をおこなう。岸壁法線より岸側は、法線位置で CDL-11.0m（被覆石を考慮）の位置から、1:3 の勾配で浚渫する。河川流速が速いので、岸壁前面及び背面と法面部分を被覆石(層厚 1.0m)で保護する。推奨案のジャケット栈橋と組杭式栈橋の一般図を図 5.4-17 と図 5.4-18 に示す。

表 5.4-16 栈橋構造案比較表

栈橋構造案比較表

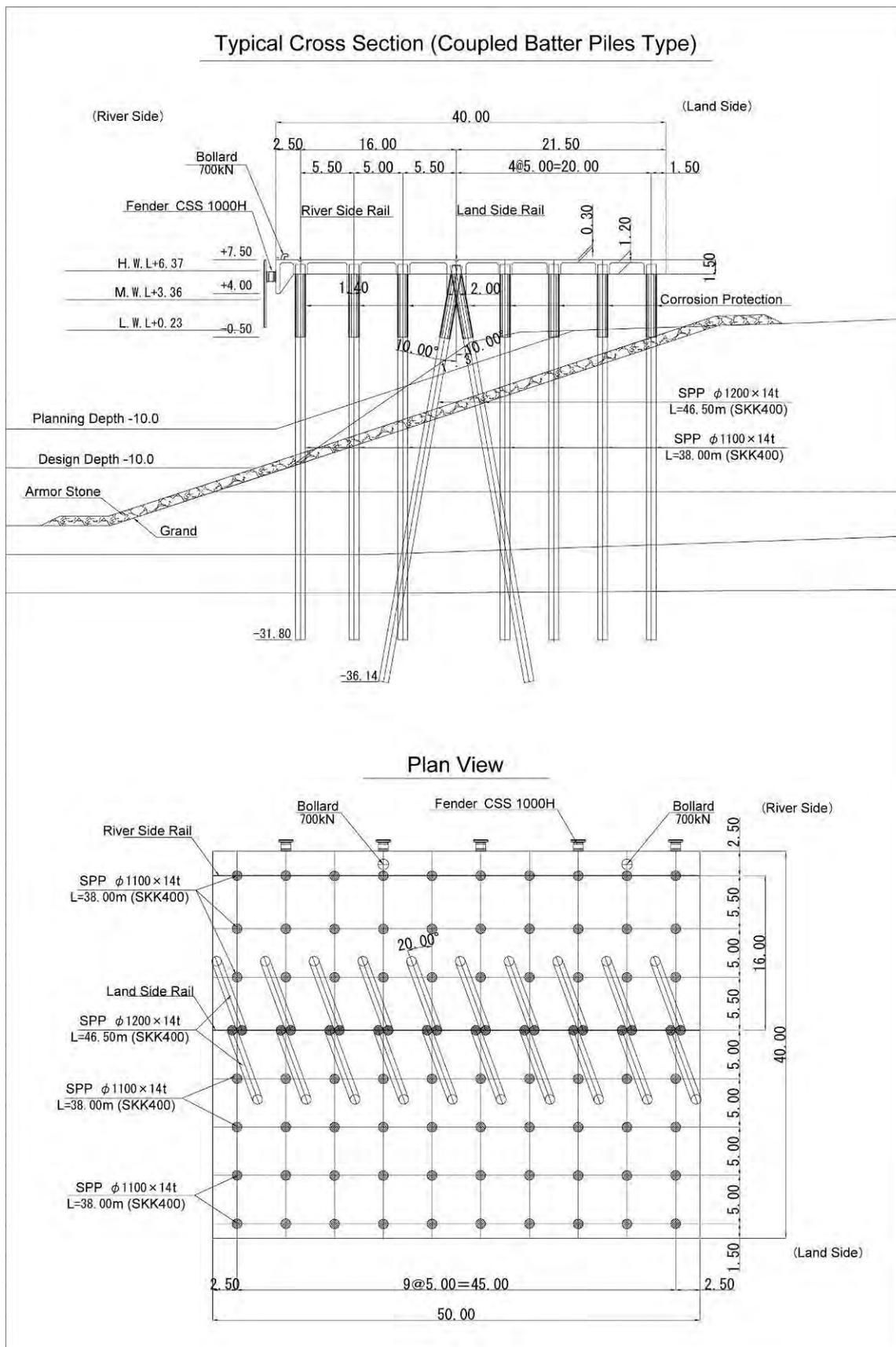
構造断面	直杭式栈橋	組杭式栈橋	ストラット式栈橋	ジャケツト式栈橋
構造断面				
構造安定性	<ul style="list-style-type: none"> 多くの杭が必要。 杭の材質は制約されない。 水平変位が大きい。(＞10cm) 	<ul style="list-style-type: none"> 組杭で、杭本数が少なく出来る。 斜杭は杭の材質に制約される。 水平変位が小さい。(＜10cm) 	<ul style="list-style-type: none"> 梁が杭の低い位置に設置できるので、一般の栈橋構造より杭本数が減少出来る。 水平変位が小さい。(＜10cm) 	<ul style="list-style-type: none"> 梁、ブレースでジャケツト構造が堅固で、杭本数をストラットよりさらに減少出来る。 水平変位は小さい。(＜10cm)
施工性 2015年一 部供用可能 性(17カ月 以下)	<ul style="list-style-type: none"> 杭の打設は容易。 杭本数が多く工期が長い。 	<ul style="list-style-type: none"> 斜杭の施工は難しい。 杭本数は直杭式より減少するので、比較的工期が短い。 	<ul style="list-style-type: none"> ストラットの製作や施工は、高い精度が必要。 施工期間は、減少しない。 ストラット取り付けの水中作業が困難 	<ul style="list-style-type: none"> ジャケツトは、高い製作精度が必要。 ジャケツト設置に大型クレーンが必要。 杭とジャケツトの高い施工精度が必要。 工期が短い。
経済性	<ul style="list-style-type: none"> 工期：21.0ヶ月/200m 杭本数が多く経済性が悪い。 工費：1.74 	<ul style="list-style-type: none"> 工期：20.0ヶ月/200m 杭本数の減少で直杭式より経済性が高い。 工費：1.00 	<ul style="list-style-type: none"> 工期：19.5ヶ月/200m 杭本数は少ないが、ストラットの製作や取り付けに費用がかかり、経済性はあまり良くない。 工費：1.16 	<ul style="list-style-type: none"> 工期：16.5ヶ月/200m 杭本数は少ないが、ジャケツトの製作、設置に費用がかかり、経済性はあまり良くない。 工費：1.16
環境影響	<ul style="list-style-type: none"> 杭が多く河川流への影響が大きい 工事期間が長く河川への影響が大きい 	<ul style="list-style-type: none"> 杭が多く河川流への影響が大きい 工事期間が長く河川への影響が大きい 	<ul style="list-style-type: none"> 杭が少なく河川流への影響が小さい 工事期間が長く河川への影響が大きい 	<ul style="list-style-type: none"> 杭が少なく河川流への影響が小さい 工事期間が長く河川への影響が小さい
総合評価と 2015年一 部供用可能 性	<ul style="list-style-type: none"> 杭本数が多く経済性が悪い。 水平変位が大きい。 工期が長い(2015年完工は不可) 本計画地には適さない。 	<ul style="list-style-type: none"> 水平変位が小さい。 工期は比較的短い(2015年完工は困難) 経済性は良い。 本計画地には難しい。 	<ul style="list-style-type: none"> 水平変位が小さい。 ストラットの水中作業が困難。 工期が余り短縮出来ない(2015年完工は不可) 経済性は若干劣る。 本計画地には適さない。 	<ul style="list-style-type: none"> 水平変位が小さい。 工期が短い。(2015年完工は可能) 経済性は若干劣る。 本計画地に、適切な構造といえる。
結果	不採用(工期が遅い・経済性が良い)	採用可(経済性が良い・工期がやや遅い)	不採用(経済性がやや悪い・施工性が難しい)	採用(工期が短い・経済性がやや悪い・施工性が大きい)

出典：調査団作成



出典：調査団作成

図 5.4-17 ジャケット式栈橋（緊急整備計画部）一般図



出典：調査団作成

図 5.4-18 組杭式棧橋（全体計画将来部）一般図

3) 護岸

a) 護岸設計条件

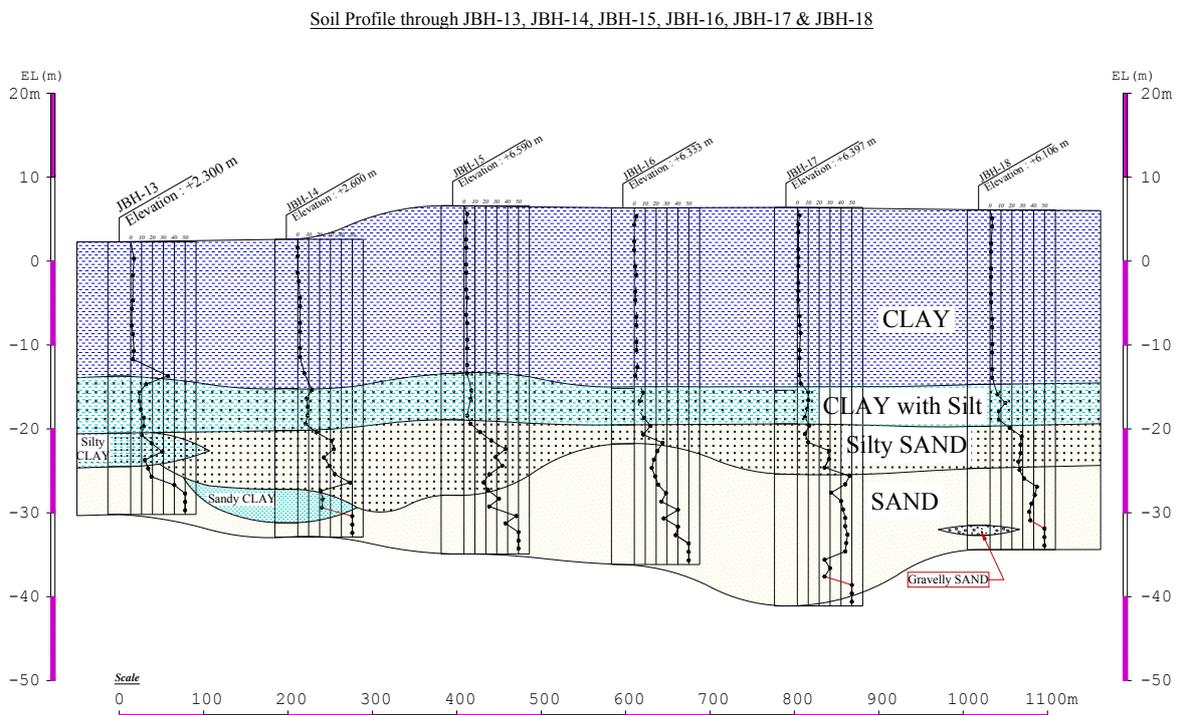
i) 自然条件

地形条件

護岸法線位置の現地盤高は、平均 CDL+6.0m である。

地質条件

護岸部の地質縦断面図を図 5.4-19 に示す。



出典：調査団作成

図 5.4-19 護岸部地質縦断面図

シルト混じり砂層が、上部は CDL-20m 位から、Plot 22.23 では CDL-35m 位まで、Plot 24.25.26 では CDL-25m 位まで、分布している。護岸設計ではシルト混じり砂層が支持層と判断される。従って、護岸の設計地盤構成としては、シルト混じり砂層の下部の標高を平均的な CDL-27m とした。設計地層断面は以下のように設定した。

表 5.4-17 設計用地盤構成

	層	N 値	γ (kN/m ³)	γ (kN/m ³)	C (kN/m ²)	ϕ (°)
地表 -23.0m	柔らかい粘土	2	17	7	C=1.79xZ+25.81 (Z=0 at 0.0)	-
-27.0m	シルト混じり 砂層	30	19	10	-	32
	締った砂層	40	20	10	-	34

出典：調査団作成

その他条件

その他の自然条件は、岸壁の自然条件と同様である。

ii) 計画条件

護岸法線

岸壁法線と同様に Plot 22~26 の護岸法線を直線とする。護岸法線を図 5.4-10 に示す。

上載荷重

護岸背後は、道路として計画されているので、道路部の上載荷重は 20kN/m² とする。

b) 護岸基本諸元の検討

i) 護岸天端高

許容越波量

護岸の許容越波量は、護岸構造によって以下のように設定されている。護岸背後は、舗装されているので、許容越波量は、0.2m³/m/s とする。

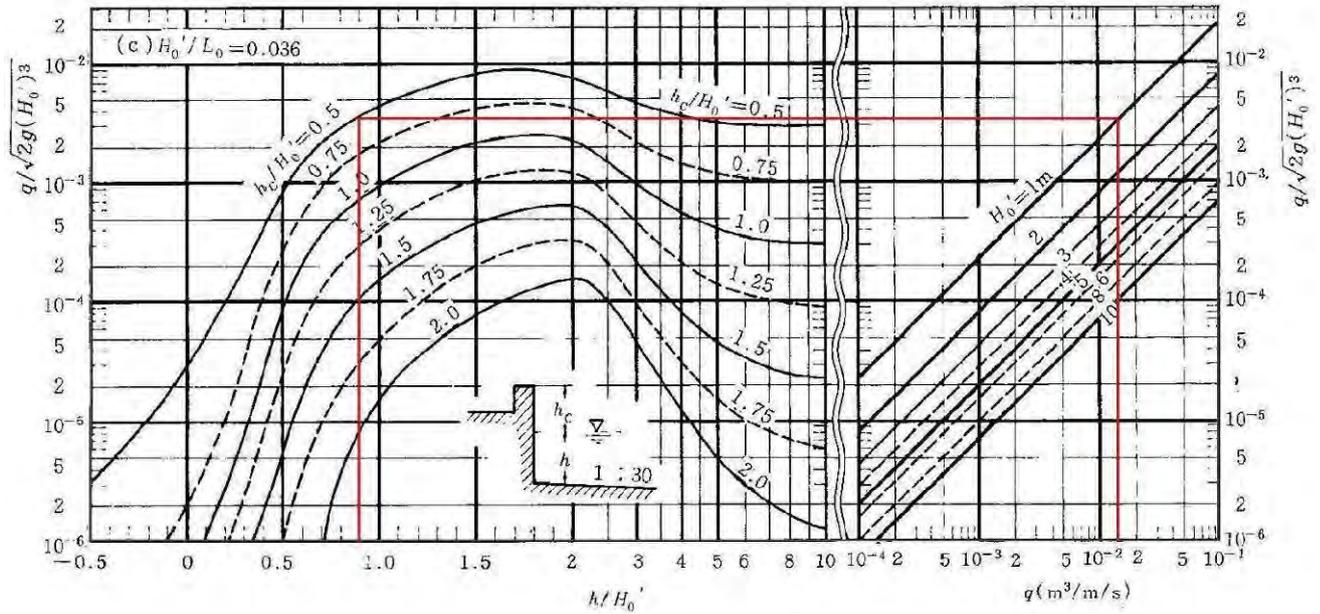
表 5.4-18 許容越波量

Type	Armor Layer	Wave Overtopping Rate (m ³ /m/s)
Seawall	Paved behind	0.2
	Not paved behind	0.05
Levee	Covered with concrete on 3 sides	0.05
	Crown paving/rear slope non constructed	0.02
	Crown not paved	0.005 or less

出典：「港湾の施設の技術上の基準・同解説」2007

越波量の算定

護岸天端高さを、ヤード計画高と同じ CDL+8.0m とした場合の越波量は、護岸高さと護岸前面水深から、設計波浪 (1.7m) が侵入した場合の越波量を図 5.4-20 により算定した。



出典：「港湾の施設の技術上の基準・同解説」2007

図 5.4-20 護岸越波量算定図

越波流量は、 $1.8 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m/s}$ と算定され、許容越波量 $2.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m/s}$ 以下である。

護岸天端高

護岸天端高さは、越波量が許容越波量を超えないのでヤード高さと同じ CDL+8.0m とする。

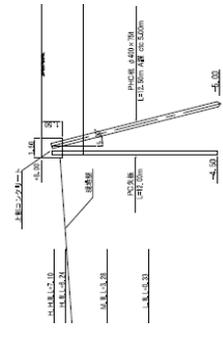
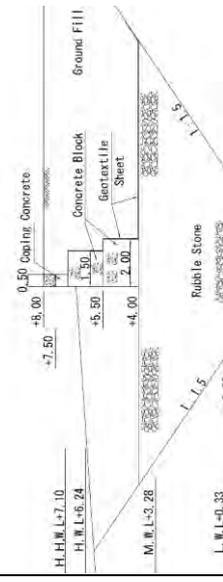
c) 護岸構造タイプの比較

護岸構造タイプは、矢板式、重力式、もたれ擁壁式、の中から、自然条件、施工条件等によって計画地に適切なタイプを抽出する。比較表を 表 5.4-19 に示す。護岸は、埋め立て工事前に完成させる必要があるため、比較検討では、工期を重視した。この結果、本計画地には矢板式護岸案が適していると判断された。

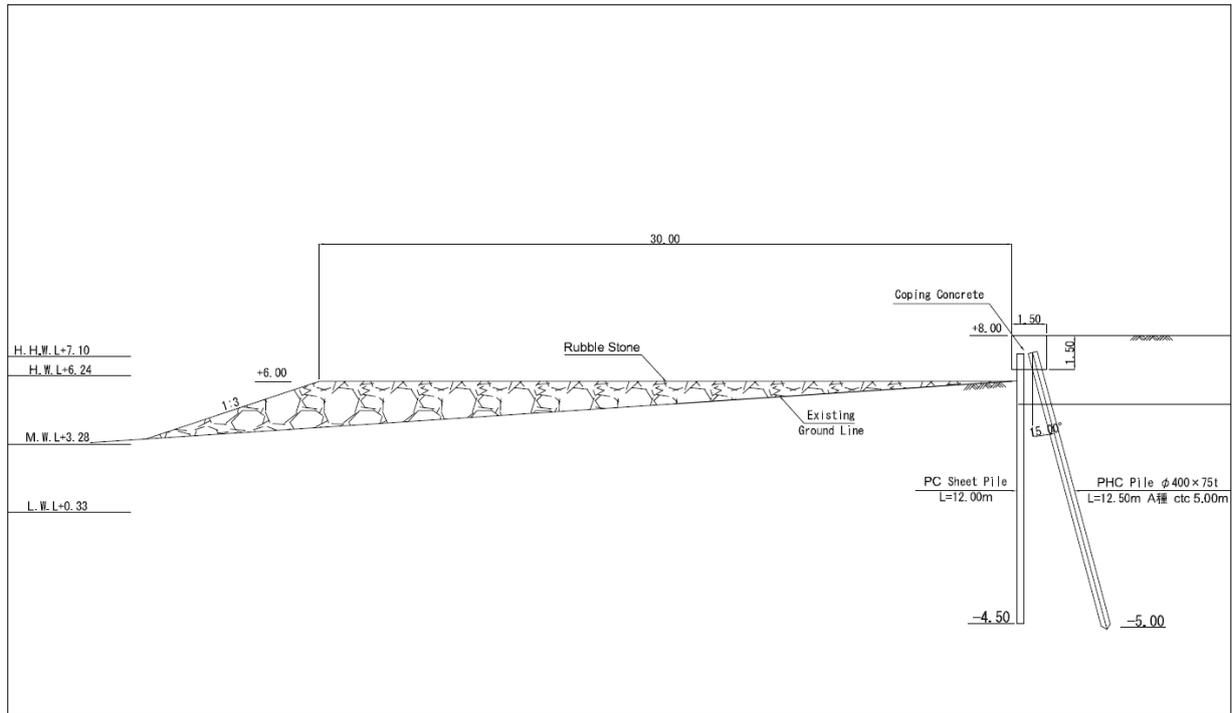
護岸の前面 30m 区間は、地盤改良施工時の安定のため CDL+6.0 の高さで捨て石を施工する。護岸の標準断面図を図 5.4-21 に示す。

表 5.4-19 護岸構造タイプ比較表

護岸構造タイプ比較表

構造断面	矢板式護岸	重力式護岸	もたれ式擁壁護岸
			
構造安定性	<p>評価</p> <ul style="list-style-type: none"> 裏込め完了まで不安定。 P.C矢板で腐食はない。 地盤改良が不必要。 施工時の安定性が悪い。 工期が短い。 大きな施工ヤードが不要。 	<p>評価</p> <ul style="list-style-type: none"> 安定性は、施工時、完成時ともに良い。 地盤改良が必要。 沈下防止には深い位置までの地盤改良が必要。 ブロック製作ヤードが必要。 工種が少なく、施工は容易である。 地盤改良には大規模な仮設が必要。 工期が長い 	<p>評価</p> <ul style="list-style-type: none"> 原地盤の掘削と捨て石基礎が必要 円弧滑り防止のため基礎を深くする必要がある。 沈下の可能性がある。 基礎の掘削に大規模な仮設が必要 工期が長い ヤードは不要
施工性	<p>工期：4.0ヶ月/400m</p>	<p>工期：9.6ヶ月/400m</p>	<p>工期：9.6ヶ月/400m</p>
経済性	<p>矢板が比較的高いが、他工法に比べて経済</p> <p>工費：1.00</p>	<p>地盤改良が必要で、大規模な仮設に費用がかかり、経済</p> <p>工費：1.35</p>	<p>基礎の掘削に大規模な仮設が必要で経済性に劣る。</p> <p>工費：1.13</p>
総合評価	<p>A</p> <ul style="list-style-type: none"> 構造安定性、施工性ともに良い 経済性は良い。 本計画地に適す構造である。 	<p>C</p> <ul style="list-style-type: none"> 地盤改良が大規模になり、施工性、経済性が悪い。 本計画地に適した断面ではない。 	<p>C</p> <ul style="list-style-type: none"> 基礎の掘削が大規模になり、経済性が悪い。 沈下の可能性が残る。 本計画地に適した断面ではない。
結果	<p>A</p> <p>採用(施工が速い・安定性は大きい)</p>	<p>C</p> <p>不採用(施工が速い・経済性は悪い)</p>	<p>C</p> <p>不採用(施工が遅い)</p>

出典：調査団作成



出典：調査団作成

図 5.4-21 護岸標準断面図

4) 渡り橋

a) 設計条件

i) 自然条件

地形条件

渡橋の現地盤高は、CDL+6.0m～0.0m である。

その他条件

その他の自然条件は岸壁の自然条件と同様である。

ii) 利用条件

荷重

渡橋の荷重は、分布荷重として 20kN/m² を考慮する。

b) 渡橋基本諸元の検討

i) 設置数

緊急整備では、岸壁全延長 800m に対して渡橋を 6 か所計画する。

ii) 幅員

渡橋の幅員は、幅 20m とする。

iii) 延長

渡橋延長は、平均約 100m とする。

c) 渡橋構造タイプの選定

渡橋は、傾斜築堤式や重力式、二重矢板式等が想定されるが、河川流水への影響が少ない同様に河川流水への影響が少ない、杭形式の渡橋とする。

d) 渡橋構造案の比較検討

選定された構造案について、橋梁形式(PHC 杭、鋼管杭)と栈橋形式(鋼管杭)について、構造安定性、施工性、経済性について比較検討を行った。比較検討表を表 5.4-20 に示す。

渡橋の工事が、栈橋本体の工事に影響する可能性があるため、特に工期を重視して構造を選定した。

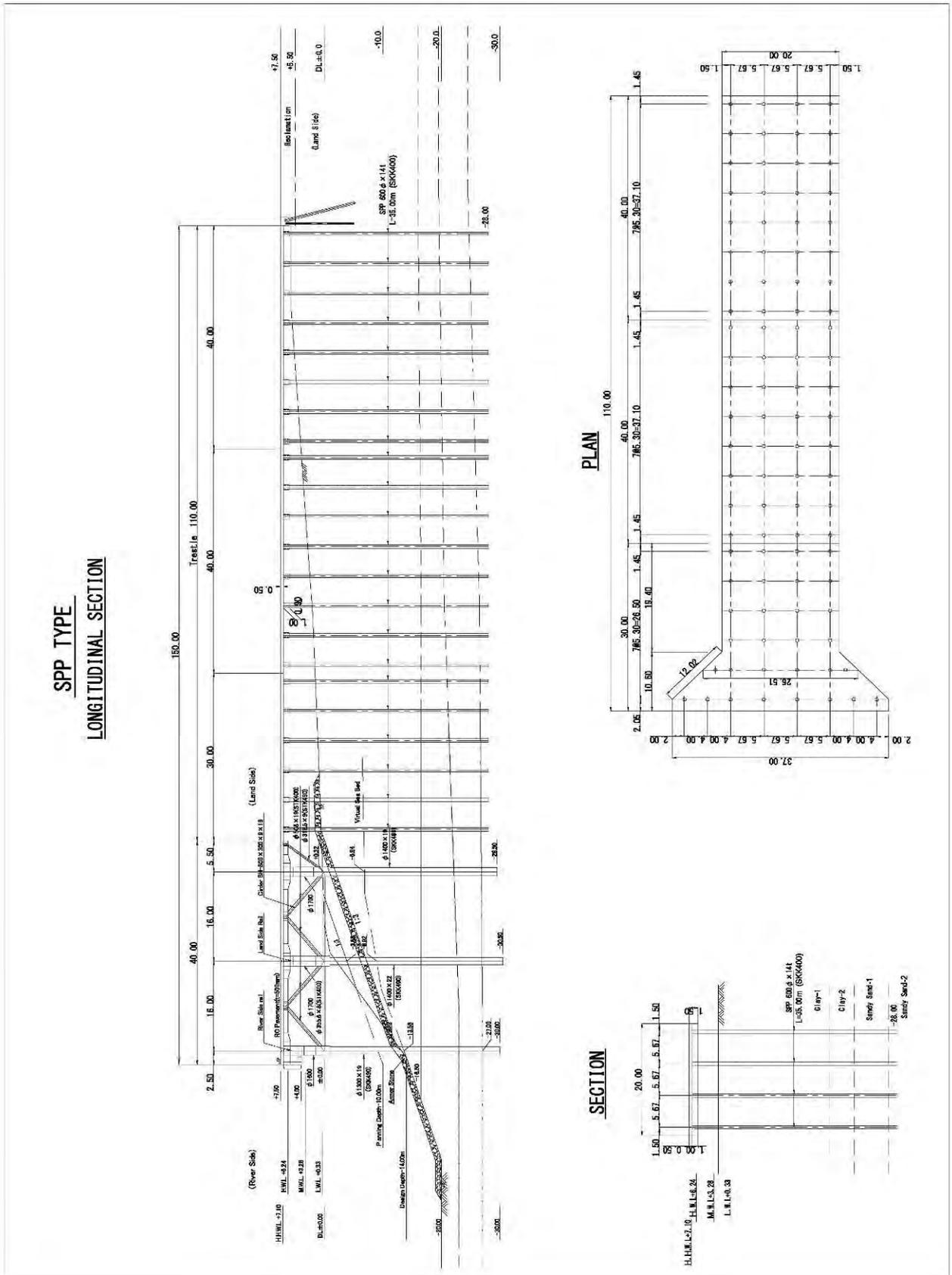
この結果、栈橋タイプ(鋼管杭)の渡橋を、選定した。選定断面を図 5.4-22 に示す。

表 5.4-20 渡橋構造比較表

渡橋構造比較表

	構造断面	栈橋タイプ渡橋 (PHC 杭)	栈橋タイプ渡橋 (鋼管杭)	橋梁タイプ渡橋 (鋼管杭)
構造安定性	<p>評価</p> <p>A</p> <ul style="list-style-type: none"> • 栈橋式なので、各方向に対して構造的に安定である。 • 栈橋式のため梁の施工が複雑となる。 • 工期が長い 	<p>評価</p> <p>A</p> <ul style="list-style-type: none"> • 栈橋式なので、各方向に対して構造的に安定である。 • 栈橋式のため梁の施工が複雑となる。 • 工期は短い。 	<p>評価</p> <p>A</p> <ul style="list-style-type: none"> • 橋梁形式なので橋軸方向の動きには若干弱い、特に問題はない。 	
施工性	<p>評価</p> <p>B</p> <ul style="list-style-type: none"> • 栈橋式のため梁の施工が複雑となる。 • 工期が長い 	<p>評価</p> <p>A</p> <ul style="list-style-type: none"> • 栈橋式のため梁の施工が複雑となる。 • 工期は短い。 	<p>評価</p> <p>B</p> <ul style="list-style-type: none"> • 橋梁の桁は PC 桁。 • 現場で PC 桁の作成が必要。 • 工期が長い 	
経済性	<p>評価</p> <p>C</p> <ul style="list-style-type: none"> • PHC 杭なので、杭自体は安くなるが杭本数は多くなる。 	<p>評価</p> <p>A</p> <ul style="list-style-type: none"> • 鋼管杭なので、杭自体は高くなるが杭本数は少なくなる。 	<p>評価</p> <p>C</p> <ul style="list-style-type: none"> • 橋梁形式でスパンが飛ばせるので杭本数は栈橋形式より少なくなる。 • 鋼管杭なので、杭自体は高くなる。 	
総合評価	<p>評価</p> <p>C</p> <ul style="list-style-type: none"> • 工期が長く、栈橋と同時施工は難しい。 • 経済性もあまり良くない。 	<p>評価</p> <p>A</p> <ul style="list-style-type: none"> • 工期が長く、栈橋と同時施工は難しい。 • 経済性は悪い。 	<p>評価</p> <p>A</p> <ul style="list-style-type: none"> • 工期が短く、栈橋と同時施工が可能。 • 経済性は良い。 	
結果	<p>不採用 (施工性遅)</p>	<p>採用 (施工性速・経済性低)</p>	<p>不採用 (施工性遅・経済性高)</p>	

出典：調査団作成



出典：調査団作成

図 5.4-22 渡橋標準断面図

5) ヤード設計

ヤードは、Plot 23 から 26 まで全体を対象とするが、配置等の詳細計画は未定である。

a) ヤード設計条件

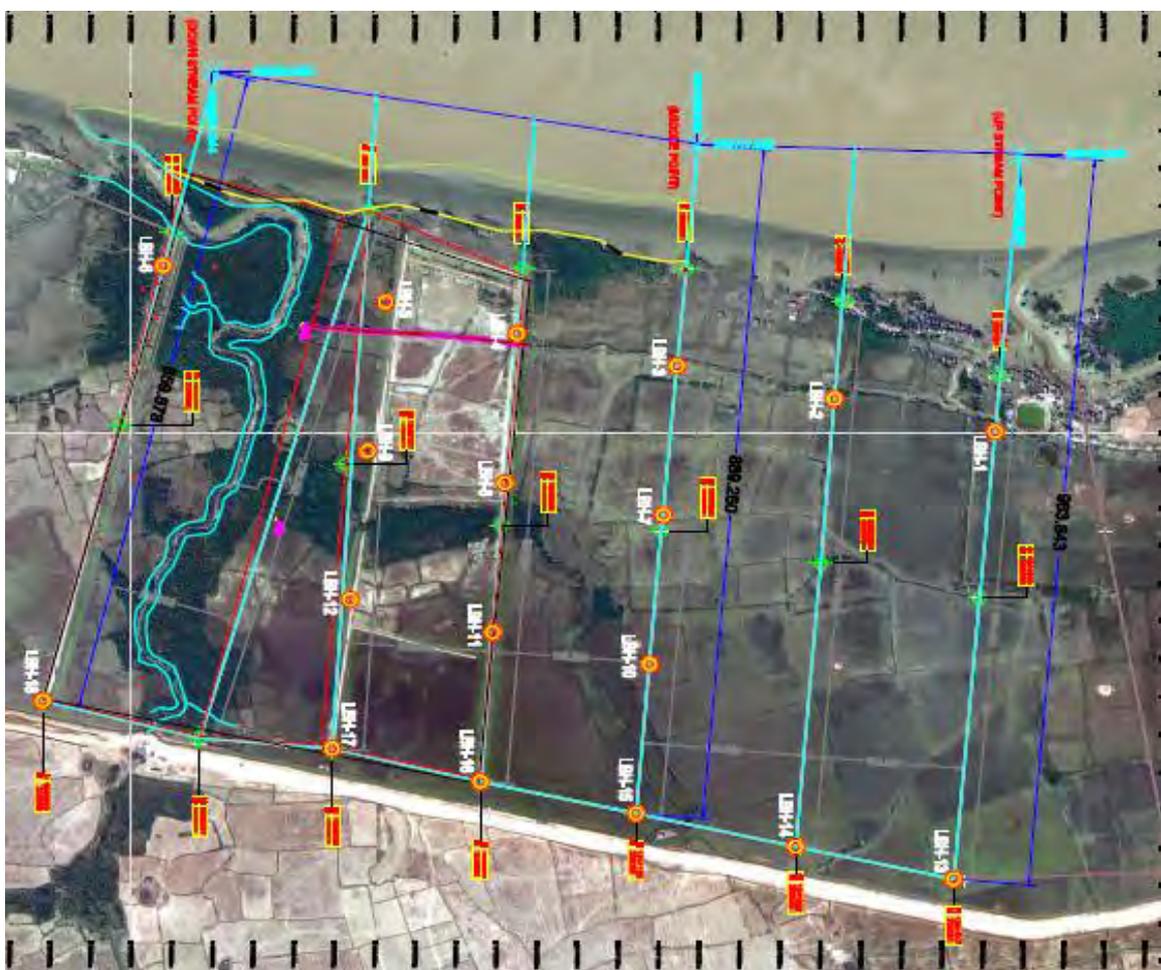
i) 自然条件

①地形

計画地の陸上地形は、図 5.4-4 に示すように、標高+6.0m のほぼ平坦で、水田として利用されている。

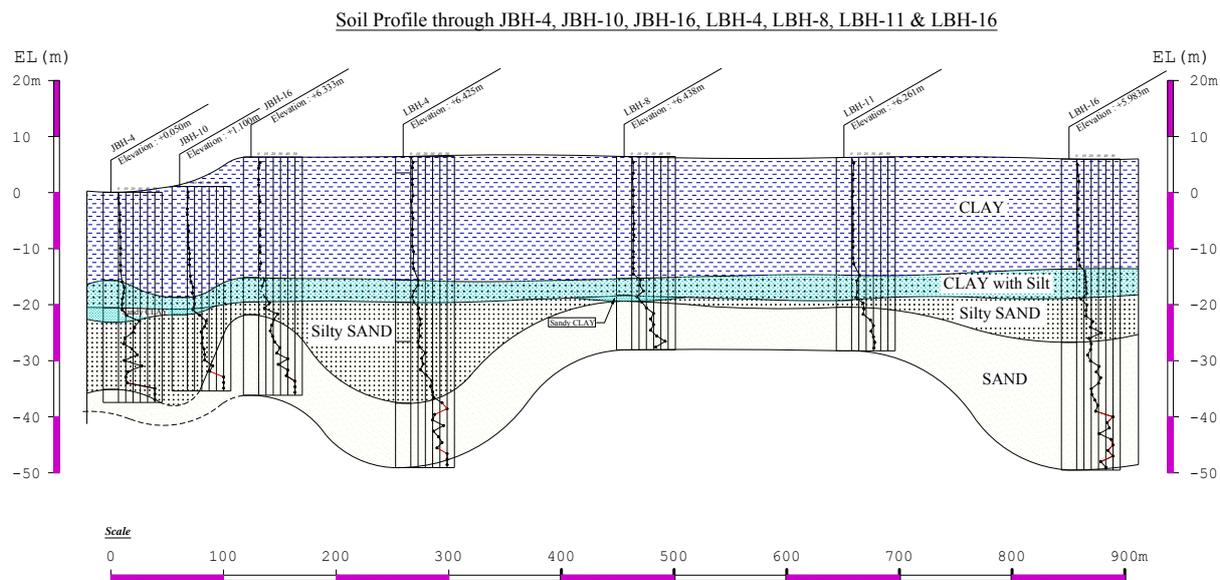
②地質

陸側の地質調査位置図を図 5.4-23 に示す。地質横断図を図 5.3-24 に示す。



出典：調査団作成

図 5.4-23 地質調査位置図(陸上部)



出典：調査団作成

図 5.4-24 地質横断面図

ii) 計画条件

①配置計画

全体計画の想定ヤード平面配置を図 5.4-25 に示す。



出典：Google, 調査団作成

図 5.4-25 想定ヤード計画平面図

②計画天端高

ヤード天端高は、既設の道路天端高や周辺造成地の高さ CDL+8.0m を考慮して、CDL+8.0m と設定する。

③上載荷重

コンテナヤードの上載荷重は、コンテナ実入り 4 段蔵置を考慮する。

表 5.4-21 コンテナ積載重量

コンテナタイプ	総重量	底面積	単位面積重量	積み段数	積載重量割合	算定上載荷重
20ftタイプ	245kN	(6.06x2.44) 14.5m ²	16.9kN	4	70%	47.3kN/m ²
40ftタイプ	305kN	(12.2x2.44) 29.8m ²	10.2kN	4	70%	28.6kN/m ²

出典：調査団作成

上記表よりヤードの上載荷重を 50kN/m² と設定する。

④オペレーション方式

ヤードのコンテナオペレーション方式は、RTG 方式によるオペレーションを想定する。

⑤荷役機械

ヤードでの荷役機械は、RTG、シャーシートラック、トップリフター、リーチスタッカー、フォークリフトを想定する。ヤード荷役機械の RTG の参考図を以下に示す。

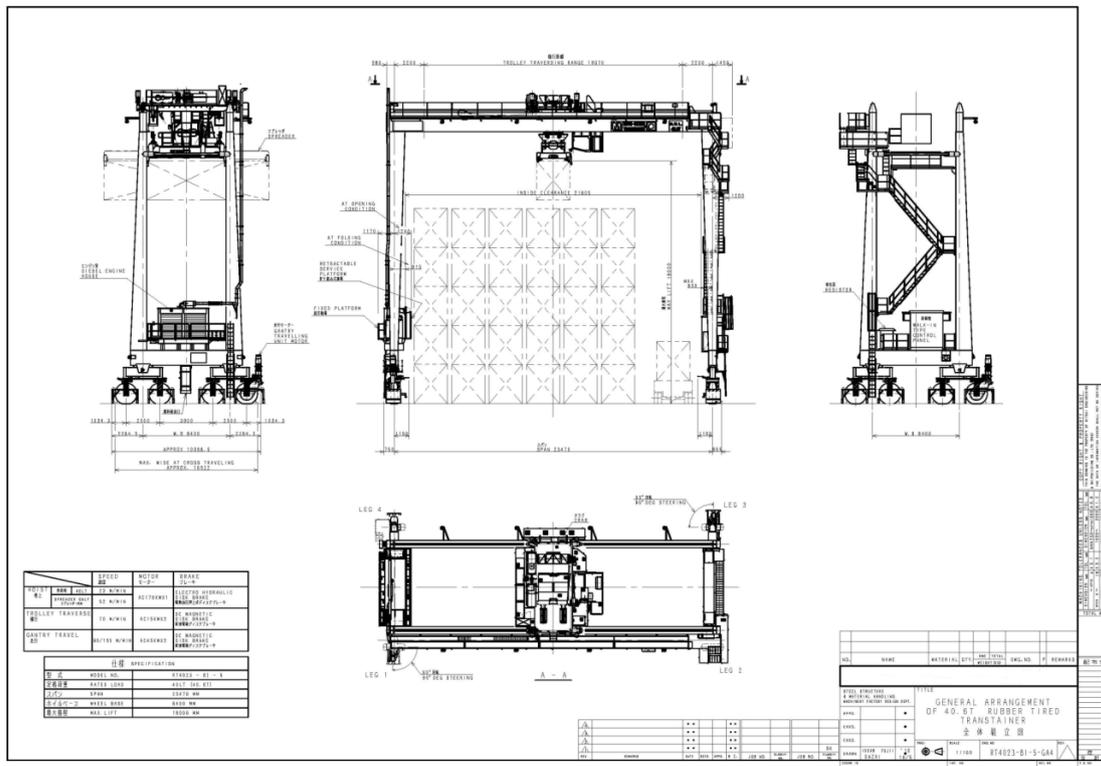


図 5.4-26 RTG 参考図 (メーカー参考図)

b) 造成設計**i) 造成計画****①計画高**

ヤードの造成天端高さは、舗装厚さ約 0.5m を考慮して、CDL+7.5m とする。

②造成土量

地盤改良開始高さ CDL+7,0m に造成する土量は約 120 万 m³ と算定される。

③造成材料

陸上土砂は、土取り場が遠く、運搬コストが高い。従って、造成材料は、安価で運搬が容易な川砂を使用する。

④施工概要

ヤード造成は、護岸とブロック周辺の築堤を先行させ、計画地内に川砂をポンプで送泥して撒き出す。余水は、沈殿池で土砂を沈殿させて、上水を河川に放流する。

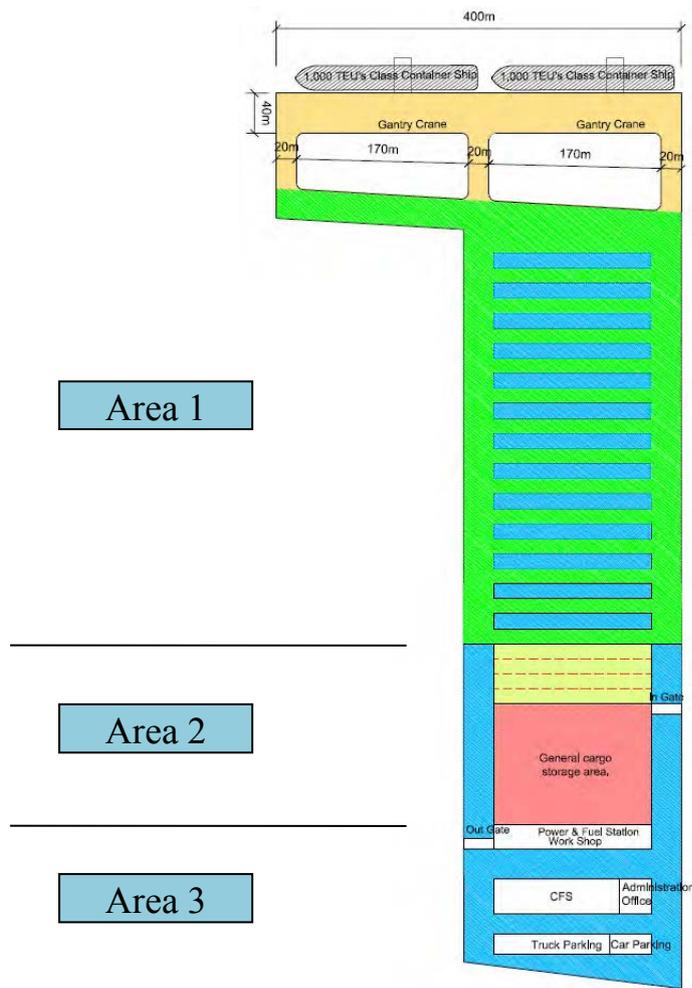
⑤地盤改良設計

地盤改良工法は、幾つかの地盤改良工法を比較した結果、施工速度と経済的な観点より、PVD 工法とプレロードによる圧密沈下促進工法を採用する。

***検討エリア区分**

対象範囲は、大きくコンテナ置き場、建屋、およびその他の3つに分類される。これら3つの範囲の特徴は、以下のとおりである。

- コンテナ置き場：この範囲はコンテナを保管する範囲であり、盛土荷重と合わせてコンテナの荷重 (50kN/m²) により沈下が最も大きく発生する。またこの範囲はコンテナを保管するために、舗装工事を行う必要があるため、沈下対策を極力早く完了する必要がある。



出典：調査団作成

図 5.4-27 沈下検討エリア区分参考図

- 建 屋：この範囲は管理事務所などの建設が計画されており、開港時までに建屋を完成する必要があるため、沈下対策を極力早く完了する必要がある。
- そ の 他：一部道路の他は、緊急性を要しない範囲である。

以上より利用目的等に応じ、川側より Area-1（コンテナ置場）、Area-2（その他）、Area-3（建屋）とした。

ii) 検討条件

①地盤定数

対象範囲の地表面高さは、測量結果より概ね CDL+6m 程度であるため、CDL+6m とした。沈下対象層となる軟弱な粘性土層は、地盤表面から層厚 23m 程度で成層する粘土層(Clay) とした。その下に成層するシルト混ざり粘土層 (Clay with Silt)は、N 値が 10 回程度と硬質な粘

土層であるために地盤改良の必要はない。調査結果より層厚 23m とした。また、土質試験結果より土質定数は、以下のとおりに設定した。なお、沈下解析は、 Δe 法により行った。

表 5.4-22 沈下検討に用いた地盤定数一覧表

湿潤重量 γ_t (kN/m ³)	飽和重量 γ_{sat} (kN/m ³)	e - logP curve	圧密係数		二次圧密係数 C_e
			Cvo (cm ² /d)	Cvn (cm ² /d)	
17.0	17.0	下図参照	500	50	0.0059

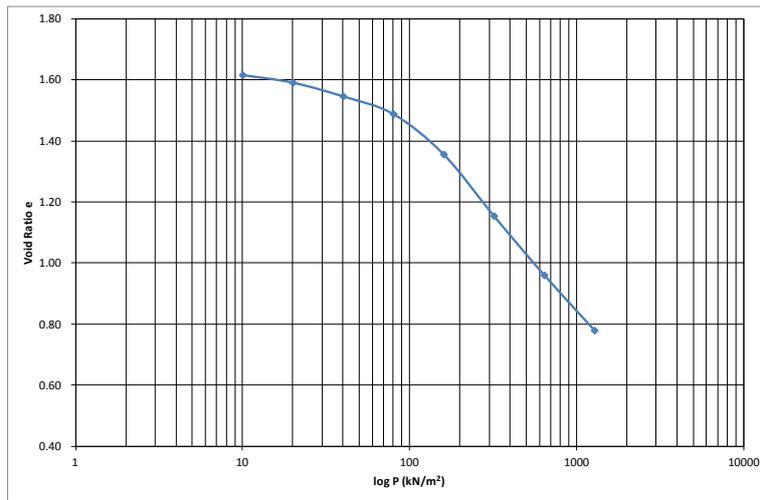


図 5.4-28 沈下検討で設定した e - log P 関係図

②盛土の定数

舗装天端 CDL+8.0m (盛土 CDL+7.5m) とし、その定数は、以下のとおり設定した。

表 5.4-23 沈下検討で設定した盛土の定数

湿潤重量 γ_t (kN/m ³)	飽和重量 γ_{sat} (kN/m ³)
18.0	20.0

③荷重条件

荷重条件は、以下のとおりとした。

- Area-1 : 50kN/m² (コンテナ荷重を想定)
- Area-2 : 10kN/m² (交通荷重程度を想定)
- Area-3 : 10kN/m² (CFS 内のコンテナ荷重を想定)

④許容残留沈下量

- 供用開始後 20 年間で残留沈下 20%以下 (2 次圧密含む)
- 供用開始 20 年後に許容残留沈下量 30cm 以下 (2 次圧密含む)

iii) 無対策時沈下検討結果

無対策時の沈下検討結果は、表 5.4-24 のとおりである。

表 5.4-24 無対策時沈下検討結果

Area	Area-1	Area-2	Area-3
圧密過程	1次	1次	1次
沈下量 (m)	1.318	0.718	0.571
残留沈下量 (m)	1.248	0.642	0.485

出典：調査団作成

以上より、1次圧密のみの検討結果の残留沈下量は、許容値を満足していないため、2次圧密を考慮すると満足しないことが明らかである。したがって、対策工が必要であると判断される。

iv) 対策時沈下検討結果

① PVD 工法

PVD 工法の検討では、沈下程度や施工・用途条件を考慮して打設間隔を設定した。「1) 検討エリア区分」で述べたように、Area-1 は舗装工事、Area-3 は建屋の建設を行う必要があるため、極力早く沈下を終息させる必要がある。そのため、この両エリアは同様の打設間隔とし、1.25m とした。Area-2 については一部の道路部の他は、開港時にすぐ利用する予定がないため、ある程度沈下が残留しても（許容残留沈下量以下の範囲内で）問題は発生しないと判断し、打設間隔を 2.0m とした。表 5.4-25 に PVD 工法対策時の沈下検討結果を示す。

表 5.4-25 PVD 工法対策時沈下検討結果

Area	Area-1		Area-2		Area-3	
	1次	1次+2次	1次	1次+2次	1次	1次+2次
圧密過程	1次	1次+2次	1次	1次+2次	1次	1次+2次
PVD 間隔 (m)	1.25		2.00		1.25	
沈下量 (m)	1.593	1.771	0.962	1.142	0.970	1.150
残留沈下量 (m)	0.135	0.290	0.136	0.294	0.019	0.179
盛土層厚 (m) (本体+沈下分+プレート)	5.6		3.8		3.2	
サンドマット (m)	1.0		1.0		1.0	
撤去盛土 (m)	3.64		1.98		1.26	

出典：調査団作成

② サンドドレーン (SD) 工法

サンドドレーン (SD) 工法の検討では、PVD 工法と同様に沈下程度や施工・用途条件を考慮して打設間隔を設定した。これより、Area-1 と Area-3 の打設間隔とし、2.0m とした。Area-2 は、打設間隔を 3.0m とした。表 5.4-26 に SD 工法対策時の沈下検討結果を示す。

表 5.4-26 SD 工法対策時沈下検討結果

Area	Area-1		Area-2		Area-3	
	1次	1次+2次	1次	1次+2次	1次	1次+2次
SD 間隔 (m)	2.0		3.0		2.0	
沈下量 (m)	1.589	1.754	0.897	1.041	0.941	1.082
残留沈下量 (m)	0.134	0.281	0.160	0.295	0.009	0.138
盛土層厚 (m) (本体+沈下分+プレート)	5.5		3.1		2.9	
サトマット (m)	1.0		1.0		1.0	
撤去盛土 (m)	3.55		1.36		0.97	

出典：調査団作成

③深層混合処理工法

深層混合処理工法は、盛土荷重や上載荷重をセメント改良杭で支え、沈下を抑止することを目的とした工法である。そのため本工法では沈下は発生しないことを前提としているため、ここでは沈下計算は実施していない。改良強度の算出の結果 (Fs2.0 見込む)、Area-1 : 200kN/m²、Area-2 : 100kN/m²、Area-3 : 100kN/m² である。

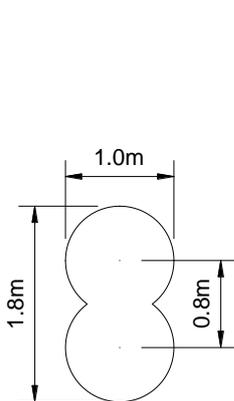


図 5.4-29 改良杭の形状

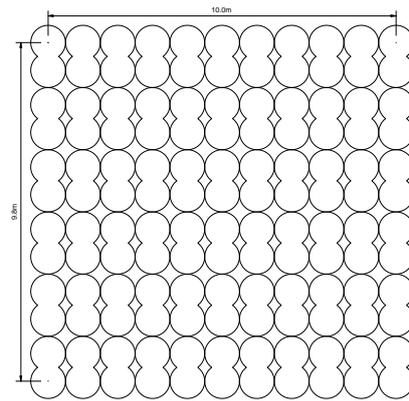


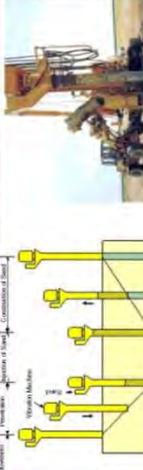
図 5.4-30 改良杭の配置パターン (一部範囲)

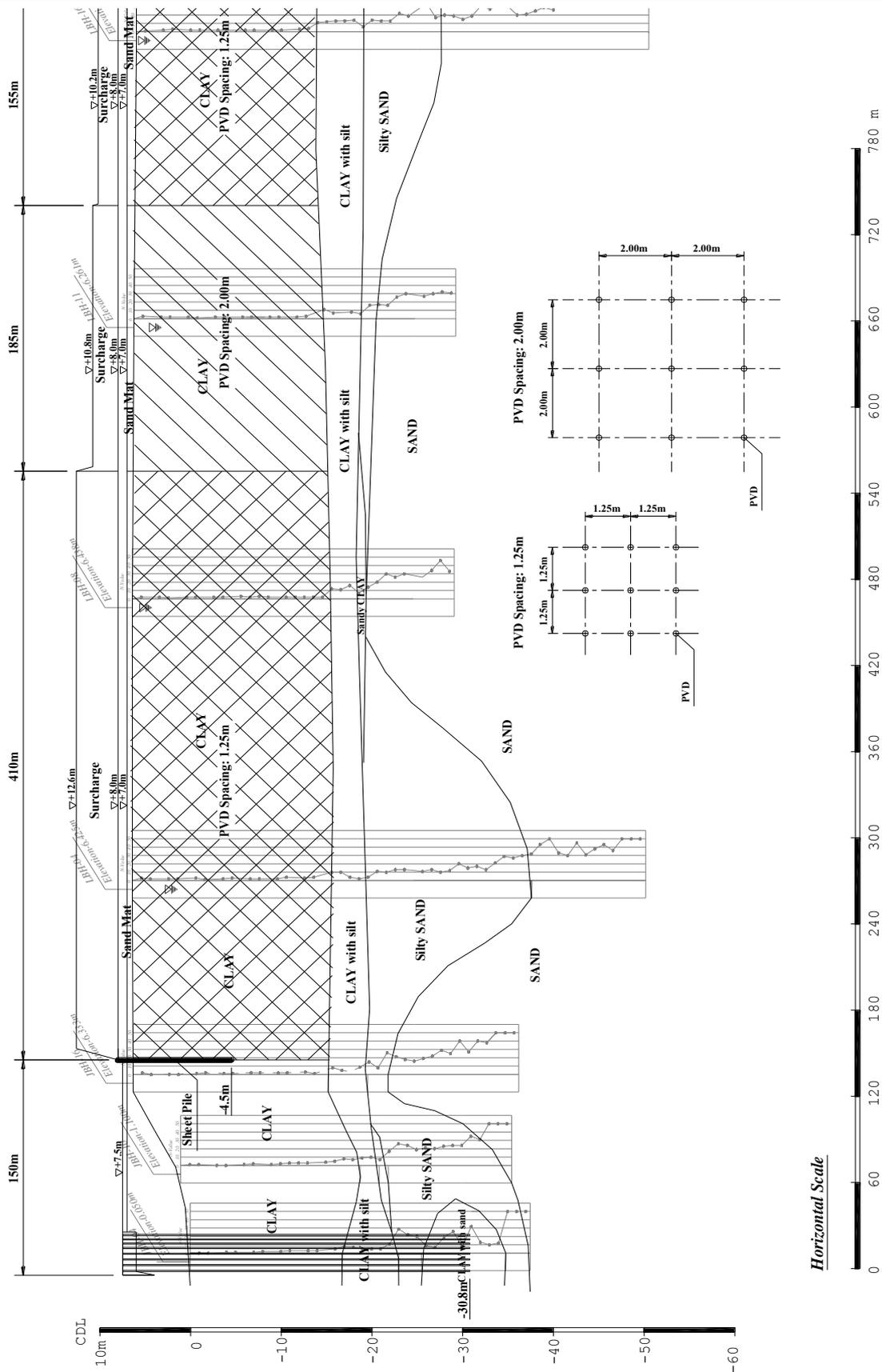
改良杭形式:2軸ラップ (20cmラップ)
改良率 : 83%
改良長 : 24m (空打ち 1m 含む)

v) 沈下対策工法の選定

沈下対策検討結果より、3 工法それぞれに対して許容残留沈下量を満足する対策工法の仕様を決定した。これら 3 工法を比較した結果、施工性、経済性ともに PVD 工法が有利であるため、軟弱地盤対策は PVD 工法を推奨する (表 5.4-27 参照)。図 5.4-31 に PVD 工法の標準断面図を示す。なお、PVD の打設深度は沈下対象層の粘土層 (Clay) の下端までとする。

表 5.4-27 沈下対策工法比較表

対策工法	PVD 工法	サンドレーン (SD) 工法	深層混合処理工法 (DMM)
各工法の施工状況写真等	 PVD打設状況	 サンドレーン (SD) 工法	 深層混合処理工法 (DMM)
各工法の概要	この工法は、粘性土地盤の圧密促進させるパーチカルドレーン工法である。この工法では、プラスチックポットドレーンを排水材として粘性土地盤に挿入する。間隙水の排水距離を短くすることにより圧密が促進される。プレロード工法、サンドマット工法や緩速荷重工法など他の工法と併用して用いられる。	この工法は、粘性土地盤の圧密促進させるパーチカルドレーン工法の一つである。この工法では、鉛直の砂杭をバイプロハンマーを用いることにより粘性土地盤に造成する。間隙水の排水距離を短くすることにより圧密が促進される。サンドマット工法や緩速荷重工法など他の工法と併用して用いられる。	この工法は、粘性土地盤内にセメントと土を混合した柱を造成することにより圧密を抑制する工法の一つである。攪拌翼を備えた攪拌軸は、高品質の柱を確保するために1000mm以上の直径の2軸タイプである。そしてまた、施工機械は、適切な速度で攪拌翼を回転させることにより十分に強い柱を造成する。地盤内に改良体を作成することにより沈下を抑制する。
各工法の施工実績 (大規模港湾工事)	A 多くの施工実績あり	B 以前は多くの実績があったが、近年ではPVD工法に変わりつつある。	A 主として、全面的な地盤改良では用いられず、部分的な対策で適用される。
技術的長所および短所	<p>長所</p> <ul style="list-style-type: none"> 他のパーチカルドレーン工法と比べて、比較的施工機械が小さい。 この工法は、効率的で経済的である。 圧入工法は、騒音と振動が抑えられる。 ドレーン材の品質は、工場で生産されるため確保される。 PVDの挿入速度は速い。(7,000~8,000m/日/台) 挿入深度は、40m以上可能である。 PVD工法は多くの施工実績により、理論的に信頼性が高い。 <p>短所</p> <ul style="list-style-type: none"> 圧密沈下を促進するためにプレロード盛土が必要である。また、要求される圧密沈下達成後には、プレロード盛土の撤去が必要である。 必要とする圧密度にするために、必要高さが通常6ヶ月間程度の放置期間が必要である。 排水層が必要である。 1次圧密完了後に10cm~20cmの2次圧密が残留する。 挿入可能なN値8未満であるが、それ以上の場合は地盤ではウォータージェットなどの補助工法が必要である。 	<p>長所</p> <ul style="list-style-type: none"> ドレーン径が多いため、圧密遅れが小さい。 大型のバイプロハンマーを用いるために、挿入速度は高い。 大型機械を使用することにより大深度の施工が可能である。 <p>短所</p> <ul style="list-style-type: none"> 施工機械は、比較的大きい。 施工速度は、それほど速くない。(1,000~1,500m/日/台) 圧密沈下を促進するためにプレロード盛土が必要である。また、要求される圧密沈下達成後には、プレロード盛土の撤去が必要である。 必要とする圧密度にするために、必要高さが通常6ヶ月間程度の放置期間が必要である。 排水層が必要である。 1次圧密完了後に10cm~20cmの2次圧密が残留する。 振動や騒音が大きい。 施工機械が大型のため、超軟弱地盤では別途対策が必要である。 	<p>長所</p> <ul style="list-style-type: none"> 地盤変形を低減することができる。 プレロードが必要ない。(土工が大きく低減できる。) 放置期間は、DMM杭が固結する1ヶ月間のみである。 DMM杭による改良後はほとんど残留沈下が発生しない。 施工効率は、大型の施工機械により高くなる。 地盤を固結させることによって盛土による沈下の発生は小さく、更に周辺地盤の変形も小さい。 <p>短所</p> <ul style="list-style-type: none"> DMM杭の施工速度は遅い。(600~700m/日/台) 室内配合試験を、実際の地盤改良工事に先立って実施されなければならない。 改良杭の養生期間は、盛土施工前の1ヶ月間は必要である。 改良杭造成の品質管理は、施工期間中重要であるため、チェックポイントなどにより品質確認を実施しなければならない。
施工計画	A (PVD)間隔=1.25m, 2.0m, プレロード高さ=3.2m~5.6m 軽量の施工機械を用いて容易に挿入できる コントロールポイントは、以下のとおりである。 1) 機械の鉛直性を保たなければならない。 2) PVDを挿入した下層深度は容易に確認できる。 3) 圧密過程は、沈下観測により確認しなければならない。	B (SD) φ=0.4m, 間隔 d=2.0m, 3.0m, プレロード高さ=2.9m~5.5m 施工は容易であるが、SDとプレロードの砂を多く確保する必要がある。 コントロールポイントは、以下のとおりである。 1) 材料特性は、粒度試験や透水試験などの土質試験により確認する必要がある。 2) 砂杭の品質は、砂の体積と重量により確認できる。 3) 圧密過程は、沈下観測により確認しなければならない。	B (ラップタイプ)DMM杭φ=1.0m, 改良率Ap=83% 容易に杭は形成できるが、品質管理(杭に対して多数のコアポットリング)が必要である。 大量のセメントを確保しなければならない。DMM杭の打設機械は大型である。 コントロールポイントは、以下のとおりである。 1) 攪拌軸の鉛直性を保たなければならない。 2) セメント添加量は事前の室内配合試験によって決められる。 3) DMM杭の品質はチェックポイントリングによって確認される。
施工期間	A 他の工法に比べて短い。(About 110 days / 4 machines)	B PVD工法よりは長い。(About 300 days / 4 machines)	C 他行に比べて長い。(About 740 days / 4 machines)
経済性	A 経済的である (PVD+プレロード)	B PVD工法よりは高い。	C 他工法に比べて高い。
評価	A 推薦できる	B 推薦できない	C 推薦できない



出典：調査団作成

図 5.4-31 PVD 工法標準断面図

c) 舗装設計

ここでは、積算に必要な概略舗装断面を想定する。

i) 舗装区分

ヤードの舗装区分は、ヤードの利用計画によって決定される。今回の設計では、詳細な利用計画が未定なので、大きく3タイプの舗装区分とする。(図 5.4-32 参照)

①コンテナ蔵置部

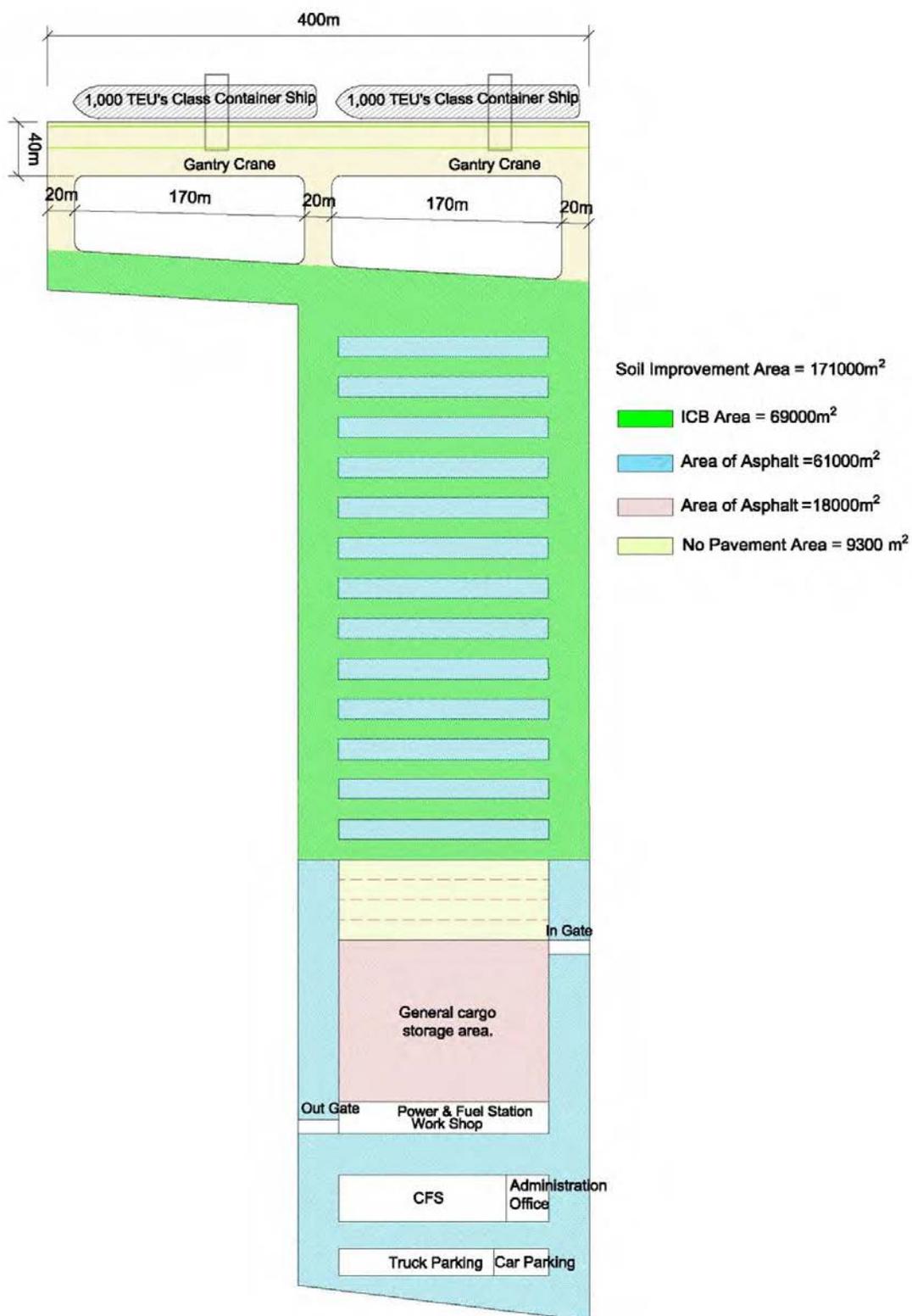
コンテナ蔵置部は、実入りのコンテナを蔵置する部分とする。コンテナのコーナー部にはコンクリート版を設置し、コンクリート版の部分以外は、簡易舗装とする。

②道路・通路部

道路・通路部は、コンテナ荷役機械（シャーシートラック、トップリフター、フォークリフト等）や車両が走行するエリアとする。このエリアは、沈下や破損等に対する維持管理が容易なインターロッキング・コンクリート・ブロック（ICB）による舗装とする。

③未舗装部

未舗装部は、空コンテナの蔵置や多目的利用で使用するエリアで、地盤改良は実施するが、舗装は行わない。



出典：調査団作成

図 5.4-32 舗装計画平面図

ii) 舗装断面

舗装断面は、以下のように想定する。

①コンテナ蔵置部

コンテナ蔵置部のコンクリート枕版と簡易舗装は、以下のように設定する。

1) RC 枕版

標準サイズ : 1.5m x 0.8m x 0.3m 鉄筋量 : 100kg/m³

2) 簡易舗装

下層路盤 (捨石)	:	150mm
上層路盤 (碎石)	:	200mm
アスファルト舗装	:	50mm

②道路・通路部

道路・通路部の舗装は、通行荷重より、以下のような舗装構成を想定した。

ICB 舗装部

下層路盤 (碎石)	:	150mm
上層路盤 (セメント安定処理)	:	200mm
ICB 舗装	:	80mm

アスファルト舗装部

下層路盤 (碎石)	:	150mm
上層路盤 (セメント安定処理)	:	200mm
アスファルト基層	:	50mm
アスファルト表層	:	50mm

d) 排水設計

積算に必要な概略排水計画を想定する。

i) 排水計画

ヤード内の排水は、集水の上、浄化処理をして、河川側に放流する。排水は、段階施工が計画されているため、プロットごとに独立させて計画する。

e) ヤード内表面排水

ヤード内の雨水表面排水は、造成及び舗装の勾配によって排水し、ヤード内の開水路、集水枡で暗渠へ排水する。

f) 雨水排水

暗渠をヤードの境界に計画する。表面排水を集め、ヤードの境界に設置された暗渠で排水す

る。暗渠の末端に水処理施設を設置し、河川側に排水する。排水の集水範囲はヤード内のみ対象とする。

5.4.2. 荷役機械

(1) 配置計画

前述のように、2019/2020年までに、80万TEU/年が取り扱えるコンテナターミナルの整備が必要とされている。同ターミナルの整備は貨物需要に応じた段階的に行われる計画で、荷役作業に必要な機材も段階的に配置していくものとする。

荷役機械の配置計画は、取扱量に応じた経済的荷役システムを選定し、必要に応じシステムの改善、機械の追加等が実施されるが、当整備計画においては2015年のPhase I完成から計画容量（80万TEU/年、Phase III完了時）までの期間が短いこともあり、当初より計画容量時での荷役システムを勘案した機械配置計画とすることが要求される。従い、荷役方式としては、近代的コンテナターミナルにおいて一般的に使用されているRTG方式を考える。

- 1) 岸壁クレーン：STS(Ship to Shore) ガントリークレーンで、20,000 DWT コンテナ船対応となるが、将来的な船型も考慮して選定するものとする。前述の取扱能力算定結果より、1バース（200m）当たり2基配置する。
- 2) ヤード荷役方式：RTG および トラクター+シャーシー方式とする。尚、RTGに換えてRMG（Rail Mounted Gantry）方式を採用する案も考えられるが、ヤンゴン港で採用されているRTG方式で考える。
- 3) 空コン取扱い用機械：トラッククレーン、フォークリフト、トップリフター、リーチスタッカー等、種々の機械が使用されているが、当計画においては機動性・効率性の良いリーチスタッカーを考える。また、ヤンゴン港における既存コンテナターミナルにおいてもこの方式が多く採用されている。
- 4) CFS用機械：一般的に3.0～3.5トン級のフォークリフトが使用されていることより、3.5トンフォークリフトにて計画する。

上記の荷役機械の参考例を次図に示す。



ガントリークレーン



RTG



リーチスタッカー



トラクター&シャシー



フォークリフト (3.5 トン)

図 5.4-33 荷役機械

尚、6.2. 施設等緊急整備計画に詳述する必要台数算定方法に基づき、各 Phase における荷役機械必要台数をまとめると下表のようになる。

表 5.4-28 荷役機械配置計画

記述	単位	Phase			備考
		Phase I	Phase II	Phase III	
計画容量	TEU	200,000	200,000	400,000	計 800,000 TEU/年
岸壁延長	m	400	-	400	計 800 m
岸壁クレーン	基	2	2	4	計 8 基
RTG	基	6	6	12	3 基/岸壁クレーン 1 基
リーチスタッカー	台	3	3	6	空コン率：30%
トラクター&シャーシー	台	6	6	12	3 台/クレーン 1 基
フォークリフト	台	2	2	4	CFS 用

出典：調査団作成

(2) 施設設計

各荷役機械の設計条件は以下のように考える。尚、詳細仕様については、「6.2.3. 荷役機械」にて記述する。

- 1) 岸壁クレーン: 将来的改良も考慮して、コンテナ 12 列積船型（パナマックス船：B=32.2m）にも対応できる諸元とする。また、設計吊上げ能力は最 40 トンとし、クレーンスパンは 16.0m とする。
- 2) RTG: 定格荷重 40 トン以上、ヤード計画より 6 列・5 段積み対応型とする。
従い、スパン長 = 23.47m、最大揚程 = 18m 以上が必要となる。
- 3) リーチスタッカー: CFS（Container Freight Station）および空コンの取扱い用とする。
このため、40 トンの荷重に対応でき、奥行き 3 列、5 段積み（最前列）が可能な仕様とする。
従い、最大ブーム高 = 18m 以上が必要となる。また旋回半径はヤード内での作業を考慮し 8.3m 以下とする。
- 4) トラクター& シャーシー：定格積載荷重 40 トン以上のヤード使用に合致した仕様とする。
このため、以下の諸元を上回らないように考慮する；
 - トラクター全長：6.8 m 以下
 - シャーシー全長：12.72 m 以下
- 5) フォークリフト：CFS での使用を考慮し、3.0～3.5 トン用とする。

5.4.3. 作業船

(1) タグボート

1) タグボート基本設計要件

a) 操船要件

ティラワ地区港の自然条件下において、入出港船舶のアプローチ操船、着岸、離岸、回頭操船への安全かつ効率的な操船支援が可能な性能を有するタグボートの設計を基本設計要件とする。

タグボートは必要時、アウトバーより入港船舶と船首ウインチのタグラインを結び、曳き作業及び船首フェンダーでの押し作業による操船支援を行う。

栈橋前面での入港船舶の回頭操船時、押し・曳きの支援作業により回頭半径は船長の 1-1.5 倍程度となり、船舶の安全かつ確実な着岸姿勢を確保する。

タグボートは栈橋の強度設計条件は 10cm/s としていることより、栈橋と船舶距離が近づくにつれ、その範囲において極力接岸速度を減じ円滑に着岸する。

風向や潮流を考慮しながら船舶の平行移動位置を船首フェンダーでの押し、又船首ウインチでのタグラインでの後進曳き作業で方向並びに接岸速度を調整しながら安全かつ確実に着岸可能な操船を行うこととする。

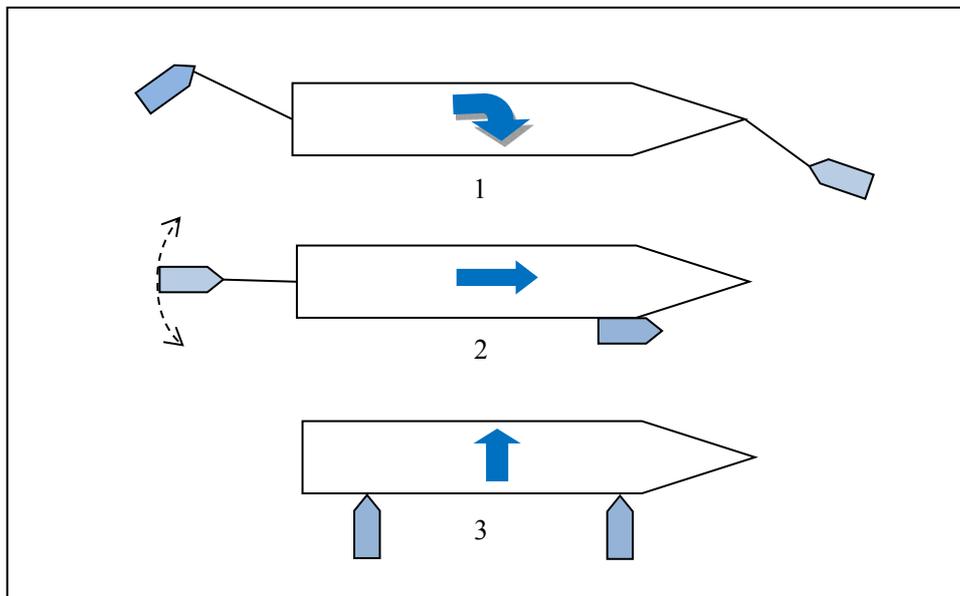


図 5.4-34 タグボート操船支援方法

b) 適用規則

「ミ」国籍船に適用される海事規則は以下である。

- 「ミ」国法令（海事、海運、船員、港湾等）
- 船級協会規則

「ミ」国で船舶検査を掌握している主管庁は海事庁（Department of Marine Administration (MDA)）である。「ミ」国海事庁は製造中検査を船級に代行検査委託の実績があり、タグボートの製造中検査は国際船級協会により行う。

c) 環境社会配慮

タグボートは小型船舶のため IMO（国際海事機関）による MARPOL（海洋汚染防止）条約の対象船舶ではないが、MARPOL 条約に準拠することとする。

d) 入出港船舶への操船支援力の検討

ティラワ地区港に入港する最大寄港船舶は航路水深条件から最大喫水 9.0m と制限されるため下記船舶を対象として検討する。

表 5.4-29 対象寄港船舶要目

	寄航船舶	載貨状態	総トン数	全長(m)	幅(m)	深さ(m)	喫水(m)
1	コンテナ船 (19,000DWT)	満載	15,500	171.0	25.0	13.6	9.0
2	多目的船	満載	17,500	161.0	25.0	12.8	8.4
3	コンテナ/貨物船	半載	18,400	184.0	27.5	14.7	7.4
4	タンカー	半載	30,000	183.0	32.23	19.1	8.0

i) 接岸操船に必要なタグボート支援力

岸壁の係留施設は 10cm/s の接岸速度を設計条件としており、操船に際してはその範囲において、更に、船体の強度や操船上の安全面から極力接岸速度を減じ接岸する必要がある。

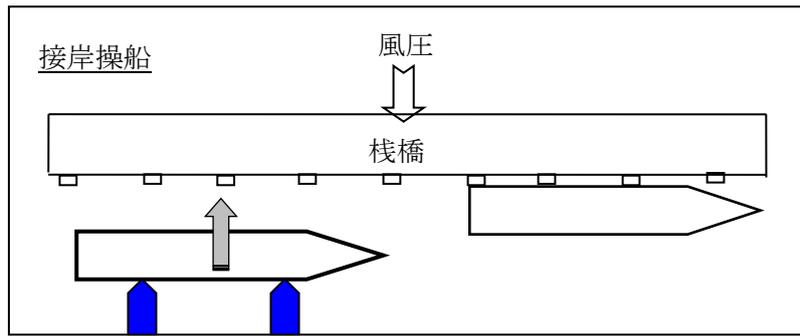


図 5.4-35 接岸操船支援

接岸操船に当たっては係留施設にほぼ平行の姿勢を保って接岸するが、この場合の本船横移動に必要なタグボート支援力（ T_e ）は

$T_e \geq$ 本船横移動抵抗 + 風や流等の外力に対する効力となる。

$$T_e \geq \frac{1}{2} \rho_w L d C_{w90} (U_0 + V_c)^2 + \frac{1}{2} \rho_a B_a C_{a90} V_a^2$$

T_e タグボート支援力（kN）

ρ_w, ρ_a 水及び空気密度

L 船の長さ

d 喫水

B_a 横受風面積

C_{w90} 船の横移動抵抗係数

C_{a90} 正横風圧抵抗係数

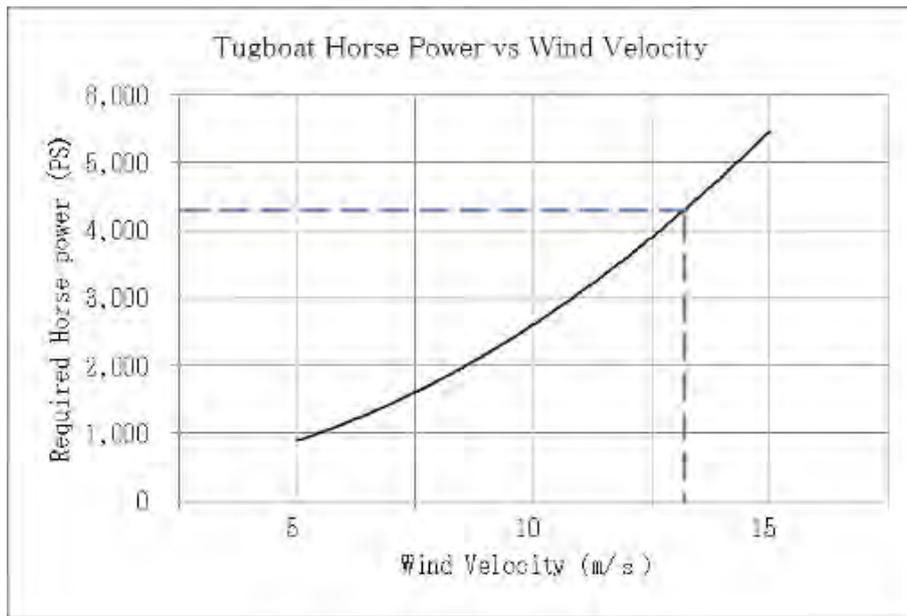
U_0 船の横移動速度

V_c 流速（正横方向）

V_a 風速（正横方向）

上記対象船舶の接岸支援に必要なタグボート馬力は、風速 5m/s の場合 900 馬力、風速 10m/s の場合 2,500 馬力、風速 15m/s の場合 5,500 馬力となる。

ティラワ地区港周辺の最大風速は約 10m/s で突風率 1.3 と仮定し、風速 13m/s の場合約 4,200 馬力が必要となる。

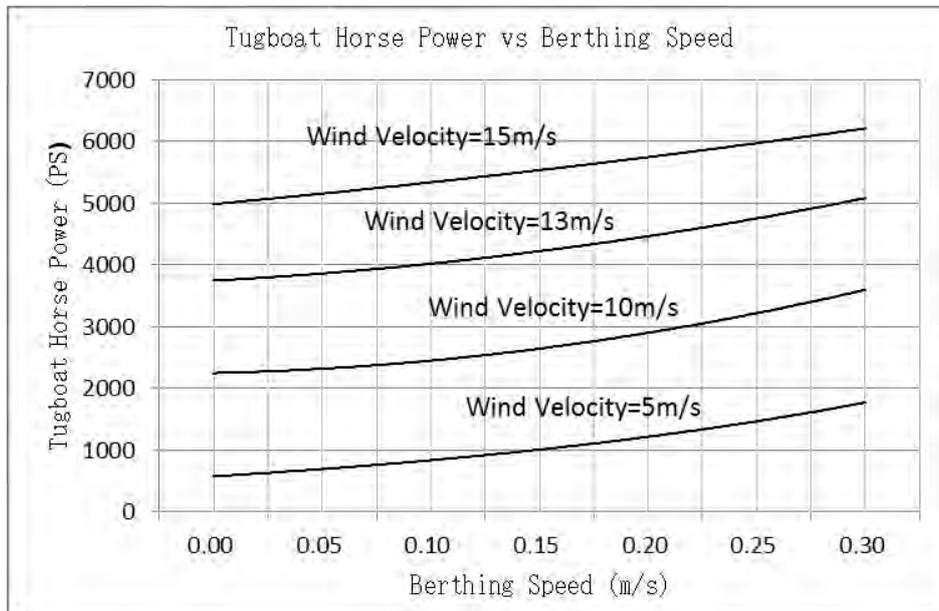


出典：調査団作成

図 5.4-36 風速下タグボート支援力

ii) 接岸速度制御に必要なタグボート支援力

接岸操船において、岸壁に近づくに従い極力接岸速度を減じる必要があり、風速 5m/s から 15m/s の風圧下での接岸速度 (0m/s - 0.10m/s) を制御するために必要なタグボート馬力を下図 5.3-37 に示す。

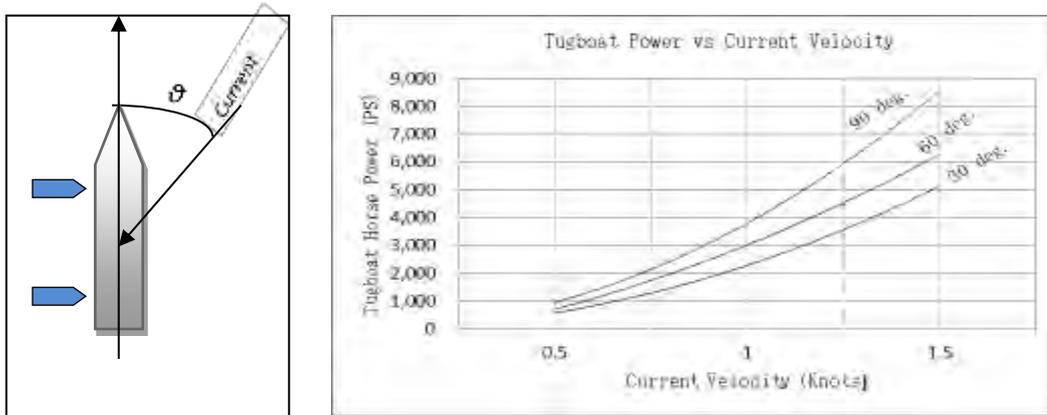


出典：調査団作成

図 5.4-37 接岸速度制御に必要なタグ支援力

iii) 潮流下でのタグボート保針支援力

潮流下での操船支援力は相対角度により異なるが、寄港船舶速度 1.5 ノット時、角度 60 度の潮流下での保針支援力は約 6,000 馬力が必要となる。



出典：調査団作成

図 5.4-38 潮流下でのタグボート保針支援力

iv) 低速航行時の風圧下における保針支援力

寄港船舶が船速 2 ノット以下での舵効きの悪い条件の中で、風速 10m/s 及び 15m/s の風力が寄航船舶の真横に作用した場合を想定し、寄港船舶の航路制御（航路保持）に必要な曳航（押航）支援力のシミュレーション検証を行う。

<シミュレーション条件>

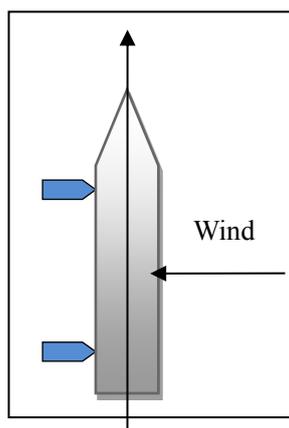
- 船種 : 18,400GRT コンテナ/貨物船
- 全長 : 185.0m
- 幅 : 27.6m
- 喫水 : 9.0m
- 風圧側面積 : 3,510m²

風条件は、本船正横から 10m/s と 15m/s

タグボートは本船中央を風圧と反対方向に押すものとする。

タグボート推力：風速 10m/s では 15t と 20t

：風速 15m/s では 35t と 40t



出典：調査団作成

図 5.4-39 風速下保針支援

寄港船舶は初速 2 ノットで 1,200m 航路航行し、舵効きを得るため

風速 10m/s では 1.5 ノット相当のプロペラ回転、

風速 15m/s では 2.6 ノット相当のプロペラ回転を与えた。

抽出指標：1,200m 地点での航路からの偏位量、残速、使用最大及び平均舵角量

表 5.4-30 風圧下保針支援力シミュレーション結果

風速	10m/s	10m/s	15m/s	15m/s
タグ推力	15t	20t	35t	40t
偏位量	170m	78m	163m	16m
残速	0.2 ノット	1.1 ノット	0.4 ノット	1.2 ノット
最大舵角	25 度	16 度	22 度	20 度
平均舵角	16 度	11 度	14 度	13 度
航跡				

出典：調査団作成

作業限界定常風速を 15m/s と設定し、風速 15m/s での航路偏差への対応支援必要タグボート推力は約 40 トン、必要主機関馬力は約 3,000 馬力となる。

e) 配置計画

タグボート支援力の検討結果、接岸支援に必要な支援馬力は平均最大風速 10m/s 下で約 2,900 馬力、突風風速 13m/s 下で約 4,200 馬力、潮流下保針に必要な馬力は約 5,000-6,000 馬力、風圧下航行保針に必要な馬力は約 3,200 馬力となる。

ティラワ地区港においては、3,000 馬力 2 隻のタグボートを配備することにより、タグボートによる接岸支援は定常風下 1 隻、突風下 2 隻により送信支援を行い、低速アプローチ航行時の潮流及び風圧下の操船保針支援は 1-2 隻により行うこととする。

上記結果より作業限界定常風速を 13m/s、接触速度を 0.10m/s と設定し、3,000 馬力タグボート 1 隻と 2 隻のケースで接触速度、限界風速の検討結果を下表に示す。

3,000 馬力タグボート 1 隻で、風速 10m/s の場合でも接触速度 0.10m/s での接触が可能である。

突風率を考慮した風速 13m/s の場合、3,000 馬力タグボート 1 隻では接触支援力が不足し、

3,000馬力タグボート2隻による支援が必要となる。

表 5.4-31 接岸速度 (0.10m/s) における最大風速

	寄航船舶	載貨状態	接岸速度	
			0.10m/s	
			3,000PS x1 隻	3,000PS X2 隻
1	コンテナ船 (19,000DWT)	満載	11.5	16.4
2	多目的船	満載	13.4	19.1
3	コンテナ/貨物船	半載	11.9	17.0
4	タンカー	半載	11.8	16.9

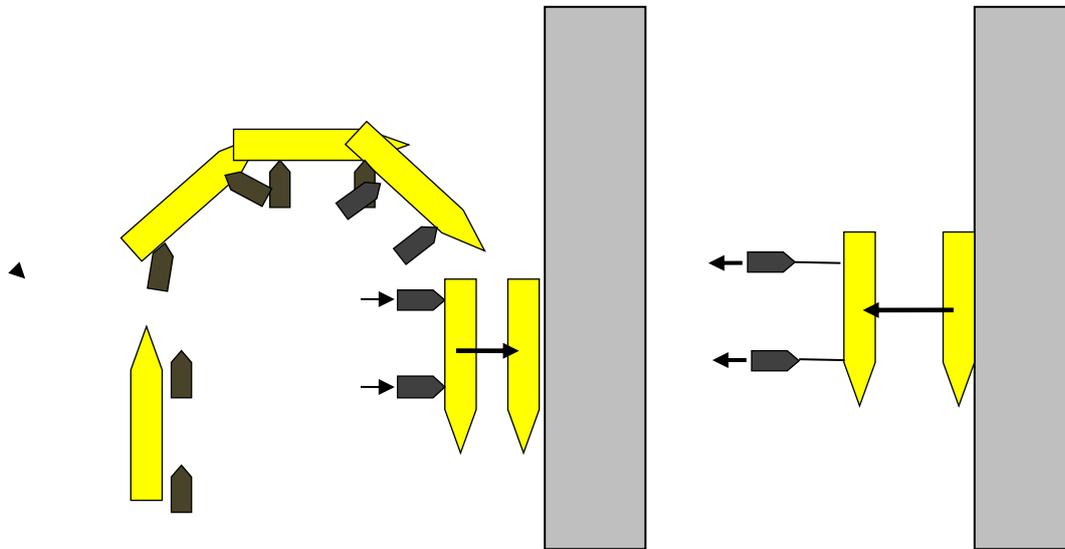
表 5.4-32 風速 (10m/s,13m/s) における最大接舷速度

	寄航船舶	載貨状態	風速		
			10m/s	13m/s	
			3,000PS X1 隻	3,000PS X1 隻	3,000PS x2 隻
1	コンテナ船 (19,000DWT)	満載	0.26	N/A	0.43
2	多目的船	満載	0.36	0.16	0.56
3	コンテナ/貨物船	半載	0.30	N/A	0.50
4	タンカー	半載	0.29	N/A	0.47

f) タグボート基本性能

ティラワ地区港棧橋前は約 18m の深い水深で、潮流の影響を受けやすく難しい接岸操船を求められる。ティラワ地区港は左舷着岸を基本としているため下げ潮時の棧橋前での回頭、接岸操船で、船舶の正横や船尾後方から潮流を受けることよりタグボートは回頭、接岸支援を行う。離岸時はタグラインでの後進曳き作業を行う。

Berthing & Un-Berthing Operation at Yangon Port in Thilawa Area



出典：調査団作成

図 5.4-40 ティラワ地区港離着岸操船

i) 船型

タグボートは主として船舶の離着岸時の係留曳航作業に従事する鋼製一層甲板型とし、特に曳航力、復原力、操縦性能を考慮し、港湾及び沿海での操船に最適な性能を有する船型とする。

上甲板上に甲板室を配置し、甲板室上に操舵室及びマストを配置する。

タグ作業は主に船首にて行い、迅速かつ安全な押し/曳き作業ができる船型・配置とし、船首にラバーフェンダーを装備して本船を押航し、船首に装備したウインチを使用し、後進にて曳き作業を行う。

ii) プロペラ性能

タグボートは迅速かつ安全な接岸と曳航支援を主体とするため、操縦性能に優れたコルトノズル付 360 度旋回式推進器を採用し、プロペラは最大の曳航力（ポラードプル）を得るよう設計する。

iii) タンク容量

「ミ」国沿海地域でのタグ作業、捜索・救難航行が可能な航続距離を確保できる燃料油及び清水タンク容量とする。

iv) 曳航作業機装

船首上甲板上中央に揚錨揚索機を装備し、ホーサードラム組み込み式型とし、チェーンジブシーとホーサードラムはクラッチを切り替えることにより各々独立操作ができるものとする。ホーサードラムは曳航作業用繊維索φ90 mm x 100m を巻き取れる大きさとし、ブレーキ力は曳航力の 50%増しとする。ホーサーウインチは操舵室より遠隔操作し、作業の安全性を確保する。

甲板室後部上甲板上に曳航フックを装備し、力量は曳航力の 50%増しとする。

v) 乗組員

「ミ」国における海事規則により、次の乗船人員とする。

船長	1 名
機関長	1 名
部員	10 名
合計	12 名

救命設備（救命筏及び救命胴衣）及び居住設備は常時定員 12 名用とする。

vi) 無線設備

GMDSS 無線通信設備、VHF 国際無線電話、船舶自動識別装置(AIS)、緊急位置指示ラジオビーコン(EPIRB)、双方向 VHF 無線電話及び捜索救助用レーダー・トランスポンダー(SART)を装備する。

vii) 海洋汚染防止対策

海洋汚染防止条約（MARPOL）の油排出基準に準拠し、油水分離器を設ける。

MARPOL IV 適合の汚物処理装置を設置し、汚水は処理後舷外へ排出あるいは陸上設備へ排出ができるようにする。主機関は MARPOL Annex VI に基づき証書を取得する。

viii) 捜索・救難

2kW 及び 1kW の探照灯を操舵室頂部及びマスト頂部に装備し、昼夜捜索・救難作業が可能なものとする。交通艇を搭載する。

ix) 他船用消火装置

海上での火災並びに陸上施設火災事故に対処する為、他船用消防装置をタグボートに装備する。

x) 流出油対策

油流出事故対応策として、ポータブルノズル方式のオイルディスペンザント装置を搭載する。

g) タグボート仕様

主要目

全長	約 31.0-34.0 m
幅 (型)	約 9.20 m
深さ (型)	約 3.90 m
計画満載喫水	約 2.80 m
航海速度	12.5 ノット
曳航力 (100%MCR)	40 トン
定員	12 名
主機関	1,500 馬力 x 750RPM x 2 機
推進器	360 度旋回式 Z 型推進器
船籍	「ミ」国ヤンゴン港
船級	日本海事協会
航行区域	沿海 (非国際航海)
適用規則	船級協会規則, 「ミ」国海事規則

(2) パイロットボート

1) パイロットボート配置計画

本艇はアウターバーのパイロットステーションに係留され、約 1.5 マイル離れたパイロット待合地点の寄港船舶にパイロットを送迎することを目的とし、パイロット業務に適する船速と外海での安全運航が可能な耐波性・凌波性、十分な復元性を有する船型とする。

寄港船舶への乗下船は、船首部上甲板及び上部構造物頂部よりのどちらでも行えるような構造とする。

パイロットステーションに配備するパイロットボートは 3 隻とし、内 1 隻は予備とする。パイロットボートは旅客 6 名及び 4 名用の寝台を配置し、パイロットステーションへの要員輸送

のクルーボート（Crew Boat）として使用できる設計とする。-

2) パイロットボート仕様

全長	約 20 m
幅（型）	約 5.9m
深さ（型）	約 2.7m
計画満載喫水	約 1.5m
航海速力	20 ノット
乗組員	2 名
旅客	6 名
寝台	4 名用
主機関	約 1,074 馬力 x 2 機
船籍	「ミ」国ヤンゴン港
船級	日本海事協会
航行区域	沿海（非国際航海）
適用規則	船級協会規則、「ミ」国海事規則

5.4.4. 航路維持と浚渫船

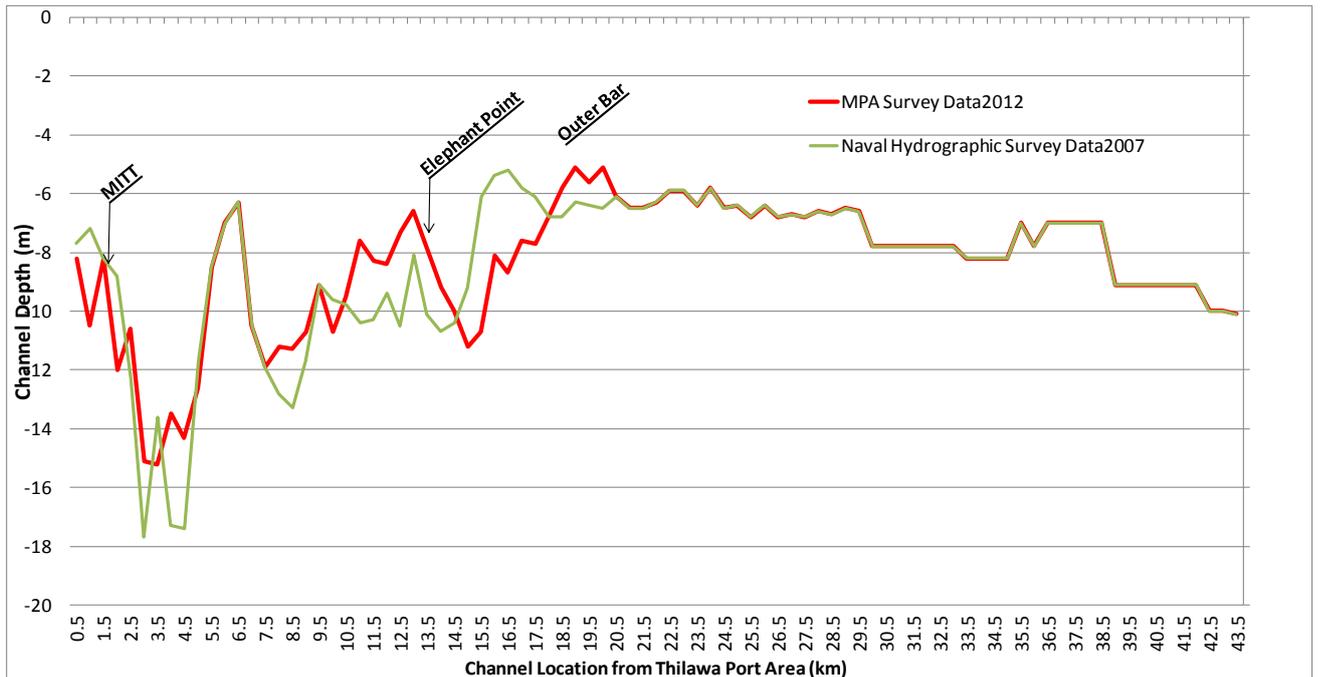
ヤンゴン港の将来計画やティラワ地区港の開発計画の検討を行うためには、航路増深・拡幅を実施する場合に必要な初期浚渫土量と、それらの航路を維持・管理するための維持浚渫土量を知ることが重要である。そのために、図 5.4-41 に示すように、ヤンゴン航路の中心線と 8 カ所にわたって横断方向の測線を設けて深浅測量を行った。



出典：調査団作成

図 5.4-41 ヤンゴン川航路の深淺測量実施箇所

図 5.4-42 は航路中心での航路水深を外海からティラワ地区港までを示したものである。この図によれば、アウターバーとよばれているエレファントポイントで最も浅い水深が CD.-6.0m を示しており、エレファントポイントから沖側の 10km にわたっては、水深 CD.-6.0m から CD.-7.0m の比較的浅い航路水深となっている。



出典：調査団作成

図 5.4-42 航路中心での縦断方向の航路水深

1) 河岸侵食・堆積

a) 河岸の現状

河岸侵食および堆積の状況を示すと考えられる河岸の植生の川側の境界の位置の比較を、2012年2月、2009年12月、2006年3月および2003年11月の空中写真(Google Earthによる)により行った。図5.3-43にティラワ地区港の河岸植生境界位置の比較結果を示す。図中の区間では、Plot 24とPlot 25の河岸において最大の河岸侵食が発生しており、約10年間に河岸は40m程度後退(≒4m/年)している。これらの河岸侵食はヤンゴン川はこの地点で流向が変化していることによるものと考えられる。一方上流の、20地区からMITTの区間では、明瞭な侵食・堆積傾向は認められず、これらの区間では河岸は比較的安定していると考えられる。図5.4-44および図5.4-45はPlot 24およびPlot 25の河岸現況例を示したものである。



出典：調査団作成

図 5.4-43 河岸植生の境界位置の経年変化



出典：調査団撮影

図 5.4-44 河岸植生の状況 (Plot 24)

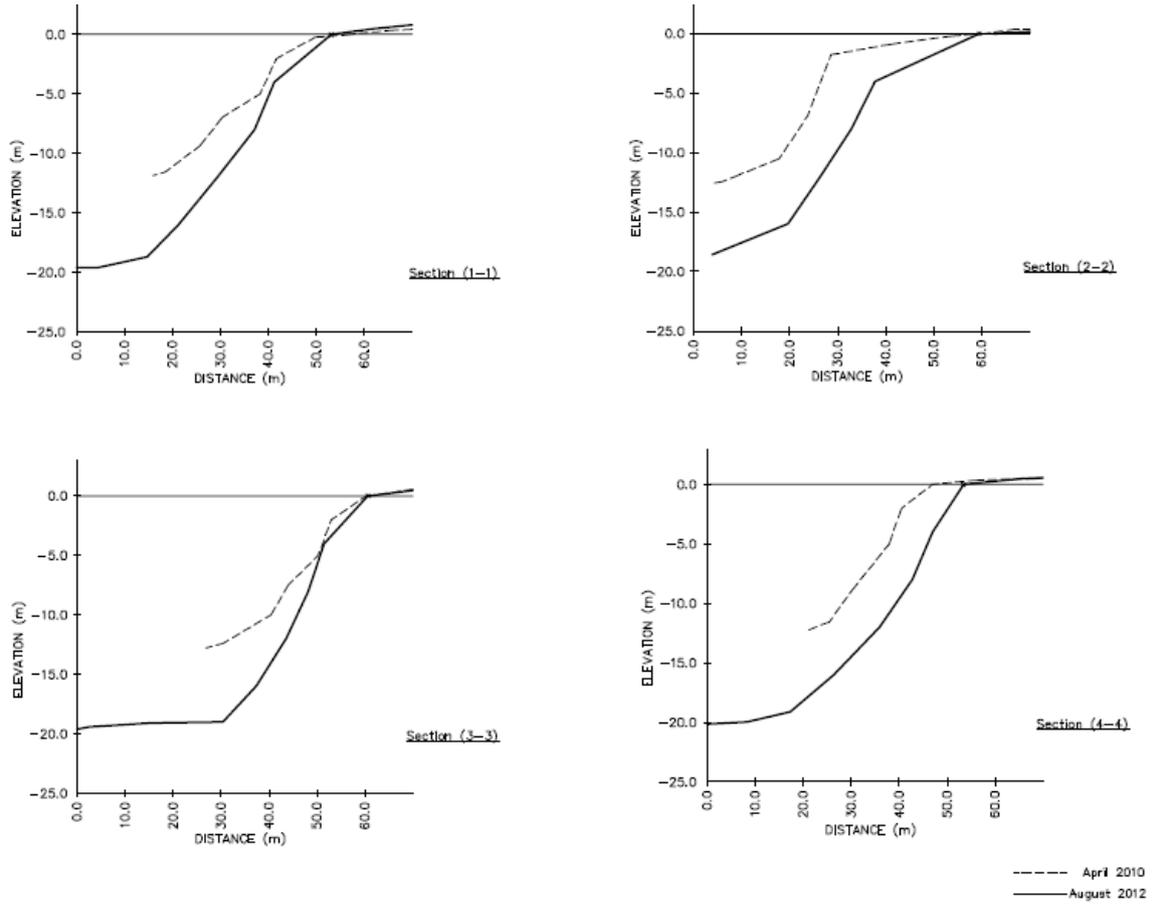


出典：調査団撮影

図 5.4-45 河岸植生の状況 (Plot 25)

計画対象地点では2012年8月にJICA調査団が実施した深浅測量結果と、2010年にMPAにより実施された深浅測量結果が得られており、それらの深浅測量結果から横断面図の比較を行った。図 5.4-46 に本計画の対象 Plot である Plot 22 から Plot 26 までの区間の4つの横断面を比較した結果を示している。図 5.4-47 はその4横断面の位置図である。

これらの結果によれば、水深 CD.0.0m から CD.-9.0m の間で断面勾配がほぼ1:1となる急斜面が形成されている。この急勾配の斜面は、前述のようにヤンゴン川の流向が急激に変化していることにより、河岸が浸食傾向にあることから形成されたものと考えられる。2010年と2012年の深浅測量結果の比較によれば、Plot 25の横断面に約20mの侵食傾向が見られることから、バース建設にあたっては、河岸侵食のさらなる進行を防止するための対策が必要であることを示している。



出典：調査団作成

図 5.4-46 河床横断面図



出典：調査団作成

図 5.4-47 河床横断面の比較を行った断面位置

b) 岸壁施設が河岸侵食・堆積に及ぼす影響

栈橋形式の離岸型の構造物は川の流れを制御する水制工と位置づけることができ、上部構造物を支えるための支持杭が水中に多数存在することにより水勢を制御して結果的に河岸侵食防止のための防護工として機能すると考えられる。岸壁と河岸の間での流速が低減することにより、細流成分の堆積と植生の拡大が生じることが予想される。図 5.4-48 および図 5.4-49 は離隔型の岸壁構造が採用されて 1997 年に岸壁供用が開始されている MITT の岸壁背後の水域の状況を示したものであるが、細流成分の土砂堆積と植生の伸張が確認できる。



出典：調査団撮影

図 5.4-48 離隔型の岸壁が採用された MITT の現況 (1)



出典：調査団撮影

図 5.4-49 離隔型の岸壁が採用された MITT の現況 (2)

離隔型の岸壁構造の上流および下流への影響については上述の岸壁背後への影響と同様と考えられる。すなわち、岸壁の上流および下流では離隔型の構造物が存在することから河岸側での流速が低下する。そのため、河岸侵食を助長するような悪影響の発生は少なく、河岸安定に寄与する効果が期待されるものと考えられる。図 5.4-50 は MITT の岸壁施設の下流側の状況を示した写真であるが、河岸近傍で干潟化がすすみ植生が拡大している様子がうかがえる。また、図 5.4-51 は Google Earth による MITT の岸壁施設の下流側の 2003 年と 2012 年の航空写真

の比較であり、図 5.3-52 は同じく MITT の岸壁施設の上流側を比較したものがある。これらの図からも離隔型の岸壁構造物の建設によりその上流および下流側で植生が拡大している様子がわかる。



出典：調査団撮影

図 5.4-50 MITT の下流側の状況



出典: Google Earth

図 5.4-51 MITT の下流側の 2003 年と 2012 年の航空写真の比較



出典: Google Earth

図 5.4-52 MITT の上流側の 2003 年と 2012 年の航空写真の比較

c) 河岸侵食に対する対策

一般的に河岸侵食に対する対策は2つに分類される。1つは人工的な護岸構造物を構築して直接的に河岸を防護する方法であり、もう1つは河川の流れを制御する水制工を用いる方法である。

護岸等の人工構造物を設ける方法は、河岸を直接的に防護するものであり、侵食に対する効果も短期間に実現することができる。一方、水制工などの河川流制御構造物による河岸防護は、河川流速を低減させてその結果として河岸侵食防止を期待するものである。そのため、通常は複数の連続した水制工を設ける必要があり、その効果の発現のためにはある一定の期間が必要とされる。このような水制工による河岸侵食防止の実施例は比較的古くから見られる。

すでに示したように、計画対象地点の Plot 22 では年間平均 4m 程度の河岸植生の後退が認められ、このような傾向は河床においても見られることが分かっている。これらの侵食傾向は構造物の構築とは無関係に生じると考えられる。

離隔型の岸壁施設を構築することでこのような河川流の影響による河岸侵食の影響を低減する効果が期待できることは、同種構造物が先行して建設・供用されている MITT の事例でも認められることから明らかであるが、河川流の流向が変化する地点でのその影響の程度は不明であり、岸壁施設構築にあたってはより深い地点も含めた河岸侵食防止のための対策が不可欠と考えられる。特に、斜面の侵食防止として捨石によるマウンド護岸保護工はそのための一つの対策となる。流速の速い箇所では杭周囲の洗掘も懸念されるが、捨石によるマウンド護岸保護工はその洗掘防止のための対策としても機能が期待できる。

(2) 浚渫船

a) 浚渫船計画

i) ティラワ地区港周辺埋没土の土質

ティラワ地区港周辺の埋没土の土質調査を実施し、調査位置は下記に示す図 5.4-53、分析結果は表 5.4-33 の通りである。土質はシルトと粘性土で、含水率は約 60%である。



出典：Google, 調査団作成

図 5.4-53 土質調査位置

表 5.4-33 土質調査分析結果

サンプル No.	サンプル位置	粘性土 (%)	シルト (%)	砂 (%)	砂利 (%)	比重	含水率 (%)	分類
ST1	N16°40'59.2" E96°13'59.09"	37.0	61.0	2.0	0.0	2.69	56.42	シルト質 粘土ローム
ST2	N16°39'36.0" E96°15'08.0"	21.5	76.5	2.0	0.0	2.67	69.44	シルト質 ローム
ST3	N16°38'00.9" E96°15'28.08"	33.5	65.5	1.0	0.0	2.69	61.2	シルト質 粘土ローム
ST4	N16°36'54.04" E96°15'28.08"	36.5	61.5	2.0	0.0	2.67	61.73	シルト質 粘土ローム
ST5	N16°39'38.0" E96°14'21.0"	56.0	43.0	1.0	0.0	2.70	51.14	シルト質 粘土

出典：調査団作成

ii) 維持管理浚渫土量

表 3.4-6 で示したとおり、MPA は現在 4 隻の浚渫船を所有し、インナーバーとアウターバーにおいて合計で約 2,400,000m³/年の浚渫を行っている。

iii) ホッパー容量

現在の浚渫船の実績浚渫土量は 1 隻当たり平均 600,000m³/年である。

浚渫船（ホッパー容量 1,000m³）の年間稼働日数を 330 日、1 日 5 サイクルとした場合、ホッ

パーへの積み付け係数（シルト、砂）を約 0.3-0.35 と仮定すると、1 隻の浚渫量は約 495,000-578,000m³/年となり実績平均値に近い値となる。

アウターバーからティラワ地区港への航路維持浚渫土量は 400,000m³/年であり、エレファントポイントを中心とした航路維持管理の浚渫船のホッパー容量はモンキーポイントと同様 1 ライン、1.6 マイルの距離を 2-3 ノットで浚渫すれば、サクショポンプ 2 台を使用しそれぞれの容量を 3,000-3,300m³ とした場合ホッパーを約 30 分で満載することができるため、既存船と同型のホッパー容量（1,000m³）で対応可能である。

iv) 配置計画

アウターバーでの航路維持浚渫土量 200,000-400,000m³ であり、現在 MPA が所有している浚渫船（ホッパー容量 1,000m³）と同型での対応が可能である。

既存 4 隻の浚渫船はモンキーポイント及びエレファントポイントにおいて 2,400,000m³/年を、また、ティラワ地区港への航路は維持管理のために 400,000m³ の浚渫を行っている。

これらの作業を円滑に行うためには 4 隻の浚渫船の修理とメンテナンスが必要不可欠である。また、既存 4 隻の内 2 隻の船齢が 23 年と非常に古く、近い将来新造浚渫船の導入が必要である。

v) 船型

浚渫船は航路の維持浚渫を目的とし、入出港船舶との衝突等の海難事故を回避して、自船の安全を確保しながら浚渫作業を行うことができる高い操縦性能が求められる。これらの機能と性能を満足させることと、浚渫土量、浚渫作業運航システム条件から既存の浚渫船型（Split Type Trailing Suction Hopper Dredger）と同型船が最適であり、また、同型の浚渫船を導入する効果として次の点が挙げられる。

- 主要機器、システムに習熟した乗組員が問題なく新造浚渫船の運航を開始できる。
- 習熟した乗組員が新たにリクルートした船員へ OJT で訓練することができる。
- 主要機器の予備品、船用部品を共有でき、維持管理上のコスト削減が期待できる。

vi) 浚渫船仕様

計画船は自航式、スプリットタイプの曳航吸引型ホッパー浚渫船である。

本船は細粒土、細砂及び粗砂からなる河底部及び沿海底部の浚渫を行うよう設計される。

船体部は鋼製で、2 機のディーゼル主機関により駆動される可変ピッチプロペラと 2 基の舵を装備する。

船首ポンプ室には専用のディーゼル機関により駆動される浚渫ポンプ 2 基を装備し、両舷に各 1 基のドラッグアームを装備する。

居住区と機関室は船尾部に配置され、容量 1,000m³ のホッパー（泥倉）は船首部に配置される。

船籍	「ミ」国、ヤンゴン港
船級	日本海事協会 NS* (Hopper Dredger, Coastal Service), MNS*
全長 (Loa)	約 68m
垂線間長	約 65m
幅 (型)	約 14m
深さ (型)	約 5.15m
喫水 (型)	約 3.85m
載貨重量	約 1,650t
泥倉容量	約 1,000m ³
速力	約 10 knots
乗組員	28 名
上級士官	6 名
下級士官	5 名
部員	7 名
浚渫ポンプ	約 3,300m ³ /hr x 16.5mTH x 2 基
主機関	約 1,500PS x 2 基
プロペラ	可変ピッチプロペラ x 2 基

5.4.5. 航行安全計画

(1) 船舶の航行に関するポートオペレーションの現状と課題

1) 最大船型

ヤンゴン港は河川港であることから、航路の水深が浅く、また、強い潮流があるために MPA はヤンゴン本港 (Inner Bar) とティラワ地区に入港する大型船に対し、表 5.4-34 に示す最大船型の基準を決めている。ティラワ地区はヤンゴン本港よりも河口に近く、アプローチ航路では最大の難所であるモンキーポイント航路を通航する必要がないことから、最大船型はヤンゴン本港よりも緩和されている。しかしながら、近年の船型の大型化は著しく、コンテナ船では 15m、大型タンカーでは 20m 以上の喫水、また LOA も 300m を越えた船が主流となっており、河川港ヤンゴン港は、このような大型船の受け入れは困難で、あくまでも中小型船用の港でしかありえない。

表 5.4-34 ヤンゴン港入港船の制限

地区	LOA (全長)	Draft (最大喫水)	DWT (載貨重量ト)
ヤンゴン本港	167m	乾期 8.5m 雨期 9.0m	15,000
ティラワ地区	200m	9.0m	20,000

出典：調査団作成

2) 航路・航路標識

ヤンゴン川河口からティラワ地区及びヤンゴン本港までの航路は Elephant Point 沖や Monkey Point 沖にはいくつかの航路ブイが設置され大型船の針路が分かるようになっているが、その他の航行水域には部分的にブイが設置されているだけであり航路は特定されていない。

図 5.4-54 の海図 (BA833) では白色部分の水深が深く大型船の通航路になっている。図に示されるように狭くしかも湾曲部が多いのが特徴である。また、河口にある Pilot Station からティラワまでの距離は 31 マイルと長く、通常 Pilot が乗船してから着岸まで 4 時間程度を要している。航路が浅いために、本船の喫水が 9m 近くの大型船の入出港は水深が確保される HighWater 時で、さらに上げ潮時に行われている。

航路の課題は、ブイやリーディングライトや灯台やレーダーなどのハード面の整備の遅れに加え電子海図 (ENC:Electric Navigational Chart) や AIS や SSB などを含む航行安全システム (VTMS) が導入されていないことであり、この危険な水域での事故を防止するには、一日も早い導入が求められる。導入にあたっては、ハードの導入に合わせて、ソフト面の強化も重要となる。

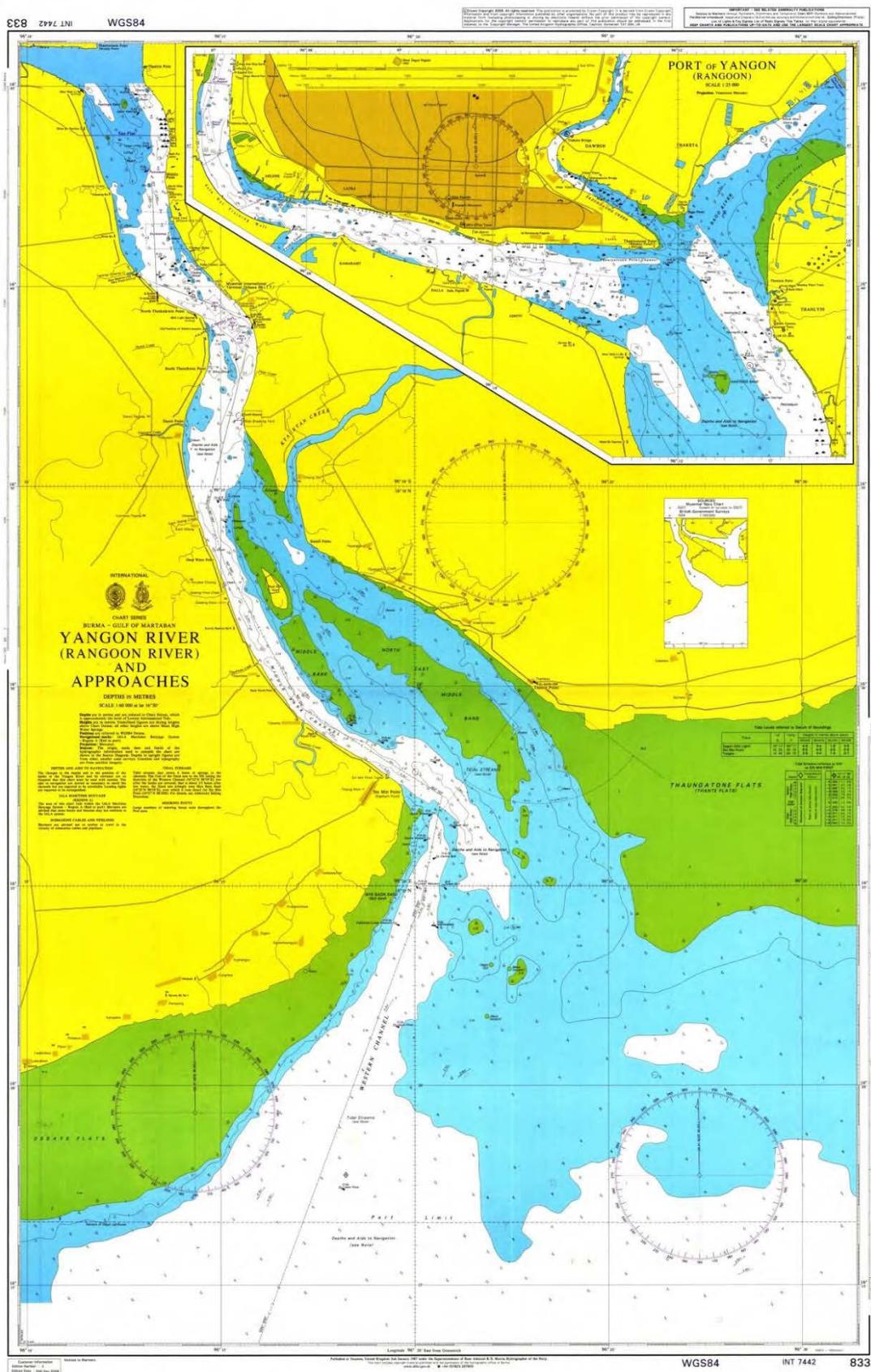


図 5.4-54 ヤンゴン川の海図 (BA833)

3) 航路浚渫

最浅部のモンキーポイント航路では MPA は毎週 Survey（深浅測量）し、現在 13.5 フィート を維持するよう表 3.4-6 の 4 隻の浚渫船を交互に使い毎日浚渫を実施している。航路浚渫の場 所と維持水深の目標及び頻度などは表 5.4-35 のとおりである。またヤンゴン川から Outer Bar に続く航行水域では Elephant Point 沖の Western Channel は毎月 Survey している。

表 5.4-35 浚渫場所と頻度等

No.	Location	Target Depth(Feet)	Frequency	Dredger Type
1	Monkey Point Channel	13.5	Everyday (Dry Season: Day & Night)	Trailing Suction Hopper Dredger
2	Yangon Port (Foreshore area)	5 - 12	Occasionally	Grab & Hopper Barge
3	Thilawa Port (Front of berth)	>30	Occasionally	Grab & Hopper Barge
4	Middle Bank Channel	Nil		
5	Western Channel (Elephant Point)	Nil		
6	Outer Bar	Nil (>15)	Occasionally (1 ~ 2 year interval)	

出典：MPA

航路浚渫面での課題は、モンキーポイント航路の抜本的な沈泥対策を検討し実行することが必要である。またドイツで建造された 2 隻の浚渫船が 24 年目を迎え、代替時期に入っていることである。

4) 航路の自然条件

2009 年 3 月 JICA チームが MPA Marine Department からヒアリングした情報によると、本船の航行に影響するヤンゴン川航路の自然条件は次のとおりであった。

- 潮位： 平均潮位差 19.3 フィート (5.85m)
最小潮位 8.4 フィート (2.55m)
- 流速： 4～6 ノット
- 波高： 最大でも 2.0m 以下

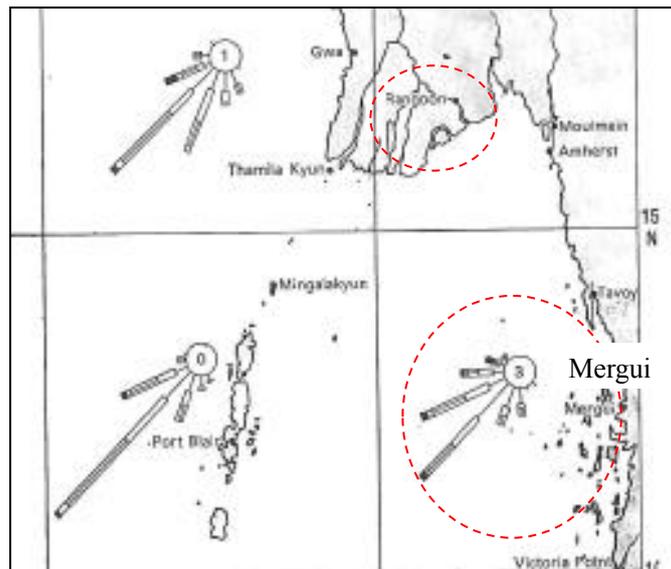
5) Outer Bar の風と波

Pilot が乗下船する Outer Bar は外洋なので風波は航路より大きいがこの付近の自然条件データは計測されていない。英国 Admiralty の航路誌「Bay of Bengal Pilot」によると、ヤンゴン沖を含むベンガル湾の南西モンスーン時（7 月）の風況図は表 5.4-36 のとおりである。

Pilot Station の南方 180 マイルの矢印（図 5.4-55、Mergui 西方）を見ると、南西の風が 37% で次いで西南西が 25% で出現している。また、同海域のビューフォートスケールによる風速の出現頻度は以下のとおりである。

表 5.4-36 Mergui 西方海域の風況 (7月)

スケール	風速(m/sec)	波高(m)	出現頻度
1-3	0.3~6	0~1	35%
4	6~8	1~2	27%
5-6	8~13.8	3~4	28%
7	13.9~17.1	4~5.5	3%
8	17.2~20.7	5.5~7.5	7%



出典：図表共に英国 Admiralty 航路誌 (Bay of Bengal Pilot) より

図 5.4-55 ベンガル湾の風況 (7月)

6) Pilot 業務の現状

Pilot 業務は Marine Department の重要な業務であり、海難事故や強風、波浪などの原因でこのサービスが止まると船の入出港ができなくなり、ポートクローズの状態に陥る。Pilot 業務の現状は次のとおりである。

- Pilot 人数： 34 名 (2009 年は 24 名体制であった。)
- Pilot 業務： 総トン数 200 トン以上の船は強制水先

Pilot Station からティラワ地区までの所要時間は 3~4 時間で出港時は 4~5 時間要している。Outer Bar の Pilot Station には常時 Pilot Vessel が錨泊しており、入港船や出港船への Pilot サービスの拠点になっているが、Pilot Vessel が小型船型でしかも老朽化していることと、Pilot Vessel から Pilot を乗せて入港船や出港船に向かう Pilot boat が LOA 5m 程度の小舟であるために波高が 1.5m~2.0m が安全に乗下船できる限界である。表 5.4-36 のようにモンスーン時期には約 44% (27/2 + 28 + 3% = 44.5%) の出現頻度で波高が 1.5m 以上となることから、このような波高が高い時期にも Pilot 業務ができる対策を講じる必要がある。

対策案としては、第1に、現在の Pilot Vessel に代えて固定式の Pilot Station を Outer Bar に建設することであり、第2には、現在の小型 Pilot Boat に代えて大型 Pilot Boat を配備すること、或いはヘリコプターの活用も今後検討すべきである。



図 5.4-56 Outer Bar の Pilot Boat



図 5.4-57 Pilot Vessel

(2) ヤンゴン川航路

1) 概況

ヤンゴン川航路の航行も離着岸操船も同じ Pilot が担当している。深喫水船は上げ潮の時のみ Pilot 業務を行っている。Outer Bar の Pilot Station から ヤンゴン港までの距離は 42 マイル (64km) であるがティラワ地区までは 31 マイルであり、10 マイル、時間では約 1 時間短縮される。ティラワ地区に入港する場合は、Pilot 乗船後、Western Channel と Middle Bank Channel の 2 か所の狭い航路を通らなければならない。

Western Channel は、左図の赤点線で示すように、航路幅が最狭部で 500m と狭く、潮流も 4 ~5 ノットと早く、しかも約 70 度の大角度変針地点もあり、漁船も多い。Pilot Station からティラワ地区までのヤンゴン川航路の中では最も危険な水域である。

Elephant Point 沖の Additional Lower Western ブイから Upper Western ブイまでの湾曲した航路は、河口側から見て、即ち、水源（河上）に向かって右に緑灯、左に赤灯の航路ブイがそれぞれ 4 個設置されている。ミャンマー国は、IALA 海上浮標式では「A 地域」に入っており、灯火の色は「B 地域」の日本とは反対である。2012 年 11 月 10 日に行った乗船調査では航路ブイは正しく点灯していることが確認されたが、ブイの老朽化は激しく、塗装も剥げており、昼間では、赤緑ブイの識別は分からない状態であった。

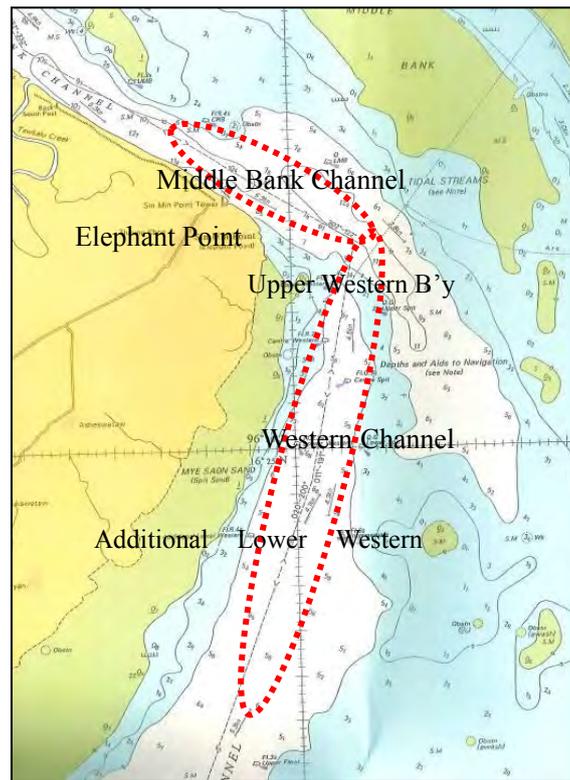
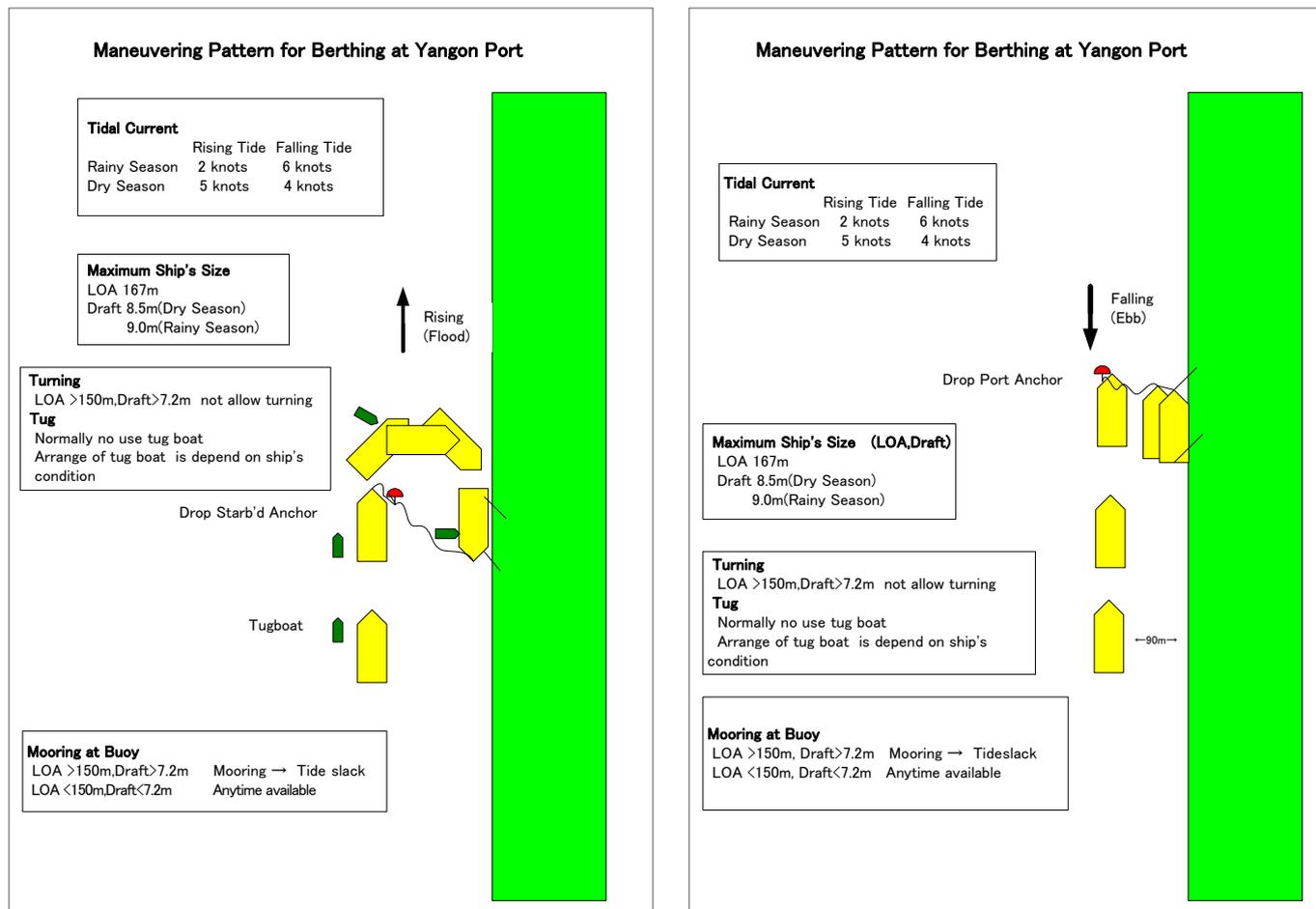


図 5.4-58 Western Channel (BA833)

航行安全面では、MPA は深浅測量により正確な水深情報を Pilot や本船に伝えることと、ブイや灯台などの航路標識を整備すること、さらには VTMS などの導入により、安全に夜間通航ができるようにすべきである。

2) 着離棧（岸）操船

ヤンゴン本港の着離棧（岸）基本的な操船パターンは図 5.3-59 に示すとおりである。本船の載貨重量トン数 (DWT)、全長 (LOA) および喫水 (Draft) に制限があることから LOA が 167m 以上の大きな船は入港しない。上げ潮時、下げ潮時に応じ、潮流の流れに対して本船の船首を向けて着棧する操船方法が取られている。潮流は図のように雨期・乾期の季節により変化するが、2~6 ノットと強く操船は難しい。



出典：調査団作成

図 5.4-59 ヤンゴン港の基本的な操船図（上げ潮時・下げ潮時）

(3) 入港船の実態調査

ヤンゴン港に寄港する本船の動静や喫水などのコンディションを把握する目的で記録やデータを収集・整理し、分析を行う実態調査を実施した。調査の内容や結果は以下のとおりである。

1) 調査目的

- 本船動静の把握（港外での待ち時間、Pilot 乗船からバース着までの所要時間、バース停泊時間）
- 航行時間の実態（Pilot 乗船後の航行→昼夜の判定、上げ潮時/下げ潮時）
- 本船の総トン数
- 喫水の状況（平均喫水、9m 以上の船があるかどうか）

2) 調査内容

- 区域をヤンゴン港全体、ヤンゴン本港、ティラワ地区と分割して調査した
- 寄港した本船の船名、総トン数、喫水、バース名

- 本船動静
 - 港外着時間、Pilot 乗船時間、バース着時間、バース発時間、ブイへのシフト時間
 - Pilot 乗船の入港・出港の時間帯が昼間なのか夜間なのか
 - 入出港時の潮流（上げ潮か下げ潮か）
- 調査期間 2012年8月1日 Pilot 乗船から9月4日 Pilot 乗船までの約1ヵ月間
- データ提供 MPA Shipping Agency Department

3) 調査結果

a) 取得データ数（隻数）

上記の期間（約1ヵ月間）で取得したデータ数（隻数）は、ヤンゴン本港129隻、ティラワ地区26隻、合計155隻であった。（内航船と近海航路の船は除く）これらのデータの内、時間や数値で異常なものは集計から外したので、調査項目別にサンプル数は変動している。

b) 本船動静の把握

本船の港外着から Pilot 乗船、着棧、離棧、港外での Pilot 下船までの時間を各船毎にトレースする、というのが当初の計画であったが、入港時の港外着時間や出港時の港外での Pilot 下船時間などのデータがないので、現在取得できる範囲内のデータのみ限定した。また、データには、記録ミスなどもあり、有効なデータのみを抽出し、整理・分析した。

c) 分析内容

- 地域はヤンゴン本港地区とティラワ地区の2地区に分けた（両地区の合計を全体とした）
- 沖待ちの有無（港外着から Pilot 乗船までの時間）
- Pilot 乗船から着棧までの時間
- 着棧から離棧までの時間（停泊時間）
- 港外着から離棧までの時間（在港時間）

d) 分析結果

i) 総括表

地域別の本船動静時間は表 5.4-37 のとおりであった。

表 5.4-37 ヤンゴン港の本船の動静 (2012年8月)

区 域	項 目	港外着-Pilot乗船 (A-D)		Pilot乗船-着棧 (B-A)		着棧-離棧 (C-B)		港外着-離棧 (C-D)	
		時間	日	時間	日	時間	日	時間	日
ヤンゴン本港	平均	53.3	2.2	7.2	0.3	97.1	4.0	147.3	6.1
	最大	609.8	25.4	72.9	3.0	694.0	28.9	841.3	35.1
	最小	0.0	0.0	0.8	0.0	15.4	0.6	5.1	0.2
	サンプル隻数	114		124		120		108	
ティラワ地区	平均	96.0	4.0	9.0	0.4	95.5	4.0	186.8	7.8
	最大	670.7	27.9	126.5	5.3	424.5	17.7	1095.9	45.7
	最小	0.0	0.0	0.4	0.0	15.5	0.6	27.5	1.1
	サンプル隻数	26		26		25		25	
全 体	平均	61.2	2.6	7.5	0.3	96.8	4.0	154.7	6.4
	最大	670.7	27.9	126.5	5.3	694.0	28.9	1095.9	45.7
	最小	0.0	0.0	0.4	0.0	15.4	0.6	5.1	0.2
	サンプル隻数	140		150		145		133	

注) A : Pilot 乗船時間、D : 港外着時間、B : 着棧時間、C : 離棧時間

出典 : (調査団作成)

ii) 頻度分析

表 5.4-37 よりそれぞれの局面における所要時間と隻数をグラフにした。ここでは港外着から Pilot 乗船までの沖待ち時間、着棧から離棧 (停泊時間) まで、そして港外着から離棧 (在港時間) までの時間と隻数の分布を以下の図表に示す。ヒストグラムの縦軸は隻数を、横軸は経過時間を示す。

➤ 沖待ちの有無 (港外着から Pilot 乗船までの時間)

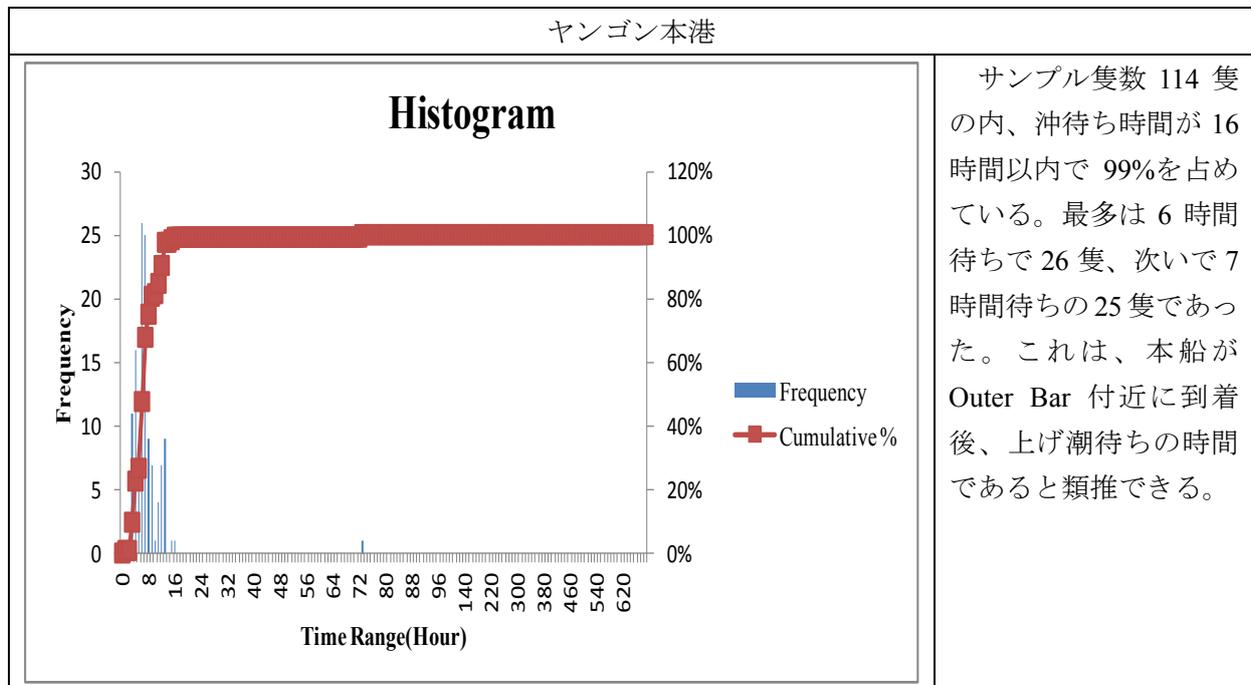
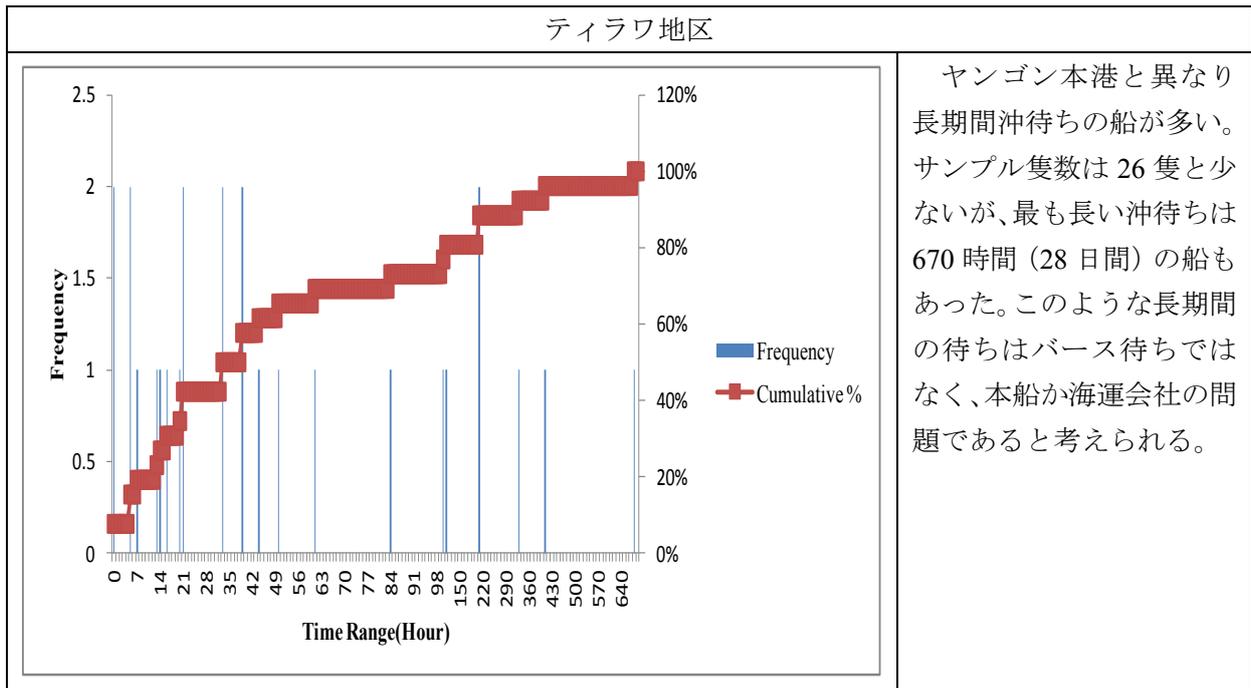
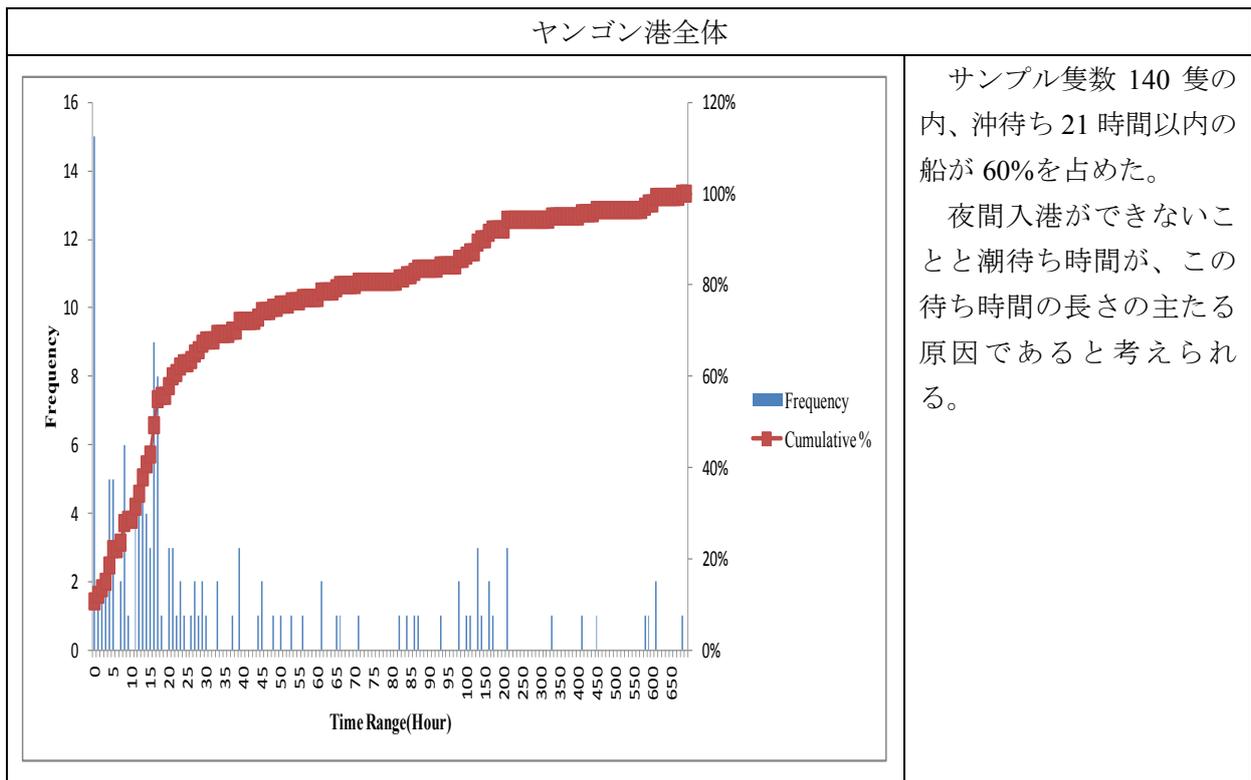


図 5.4-60 港外着から Pilot 乗船までの時間 (ヤンゴン本港)



ヤンゴン本港と異なり長期間沖待ちの船が多い。サンプル隻数は26隻と少ないが、最も長い沖待ちは670時間(28日間)の船もあった。このような長期間の待ちはバース待ちではなく、本船か海運会社の問題であると考えられる。

図 5.4-61 港外着から Pilot 乗船までの時間 (ティラワ地区)



サンプル隻数 140 隻の内、沖待ち 21 時間以内の船が 60% を占めた。

夜間入港ができないことと潮待ち時間が、この待ち時間の長さの主たる原因であると考えられる。

図 5.4-62 港外着から Pilot 乗船までの時間 (ヤンゴン港全体)

➤ 着棧—離棧 (停泊時間)

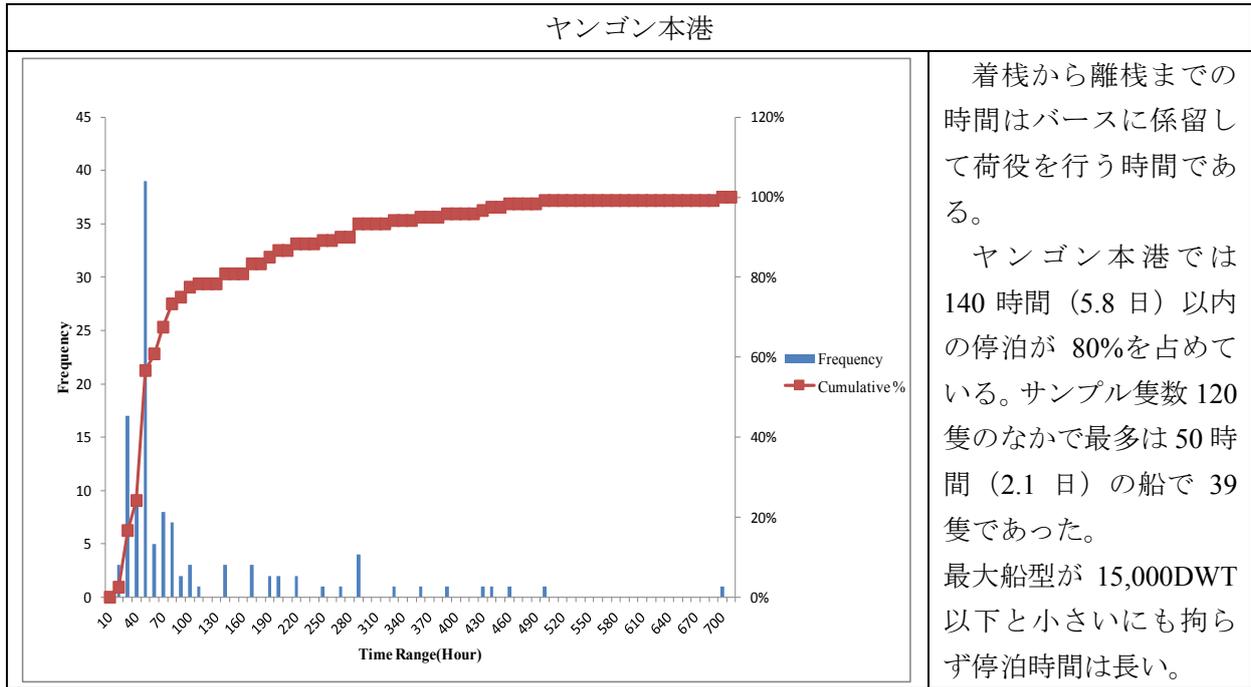


図 5.4-63 停泊時間 (ヤンゴン港)

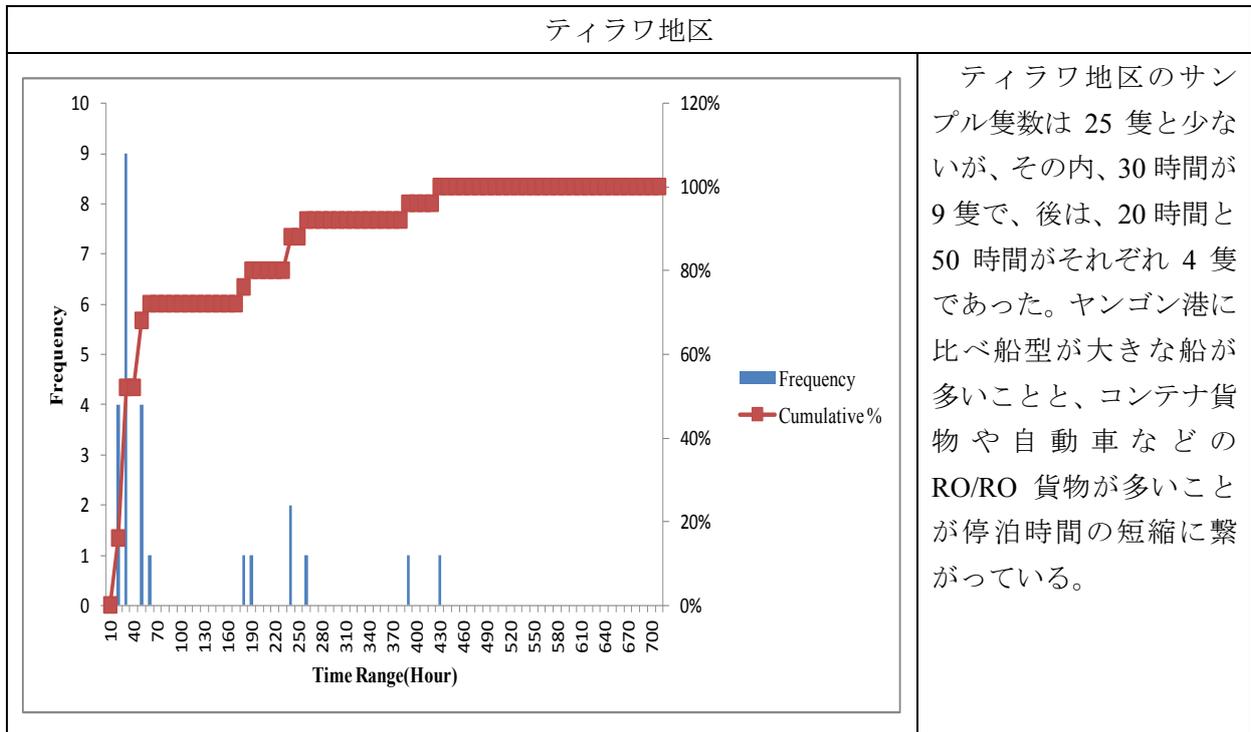


図 5.4-64 停泊時間 (ティラワ地区)

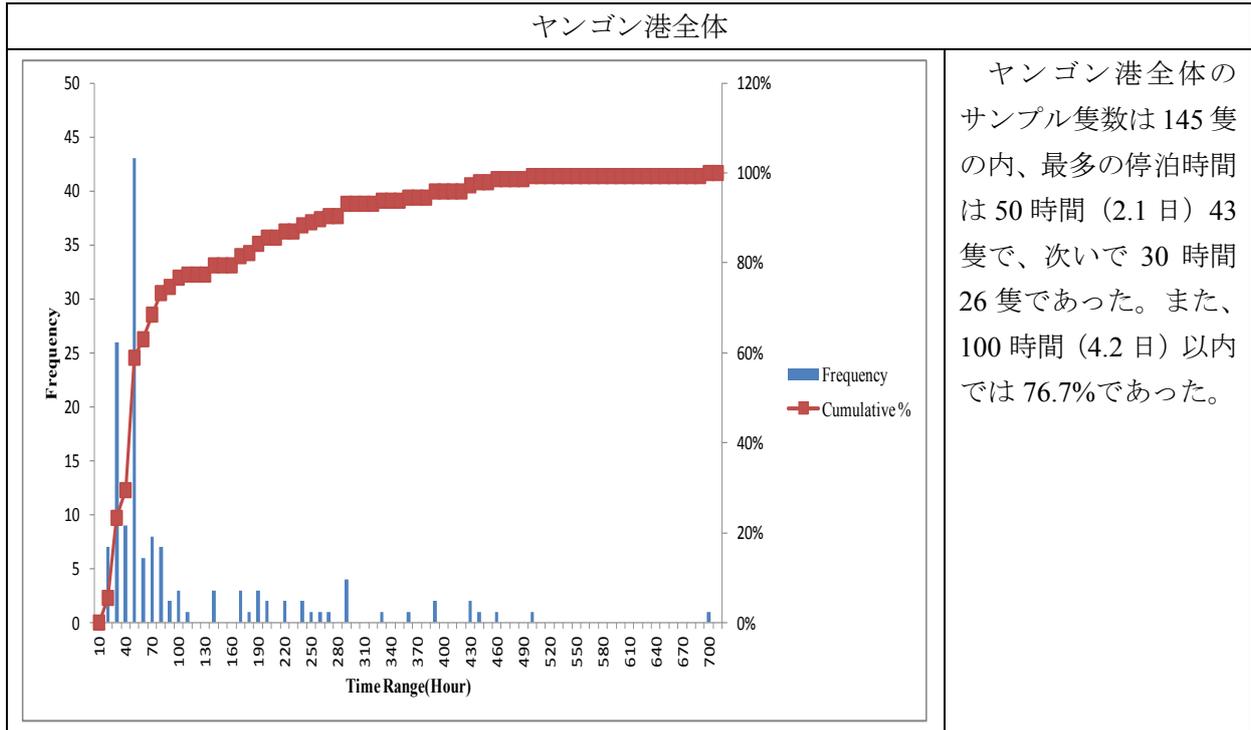


図 5.4-65 停泊時間（ヤンゴン港全体）

➤ 港外着—離棧（在港時間）

本調査では便宜的に本船が港外に到着した時点から、Pilot 乗船、着棧そして離棧までの合計時間を本船がヤンゴン港にいた時間、即ち、在港時間として集計、分析した。

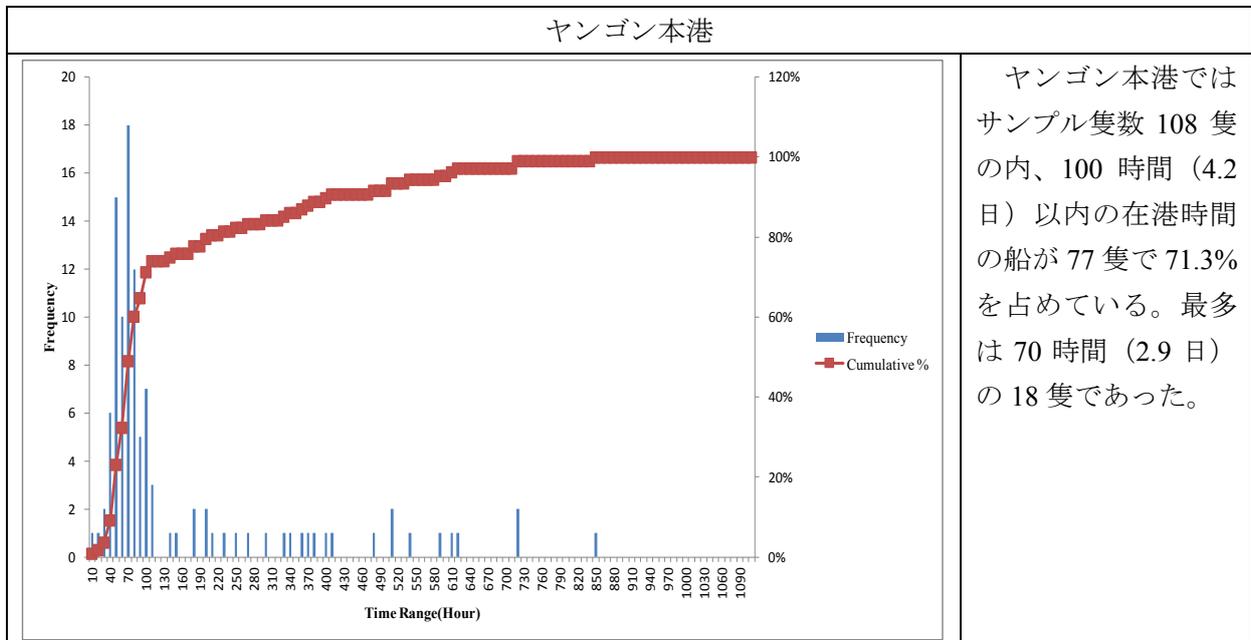
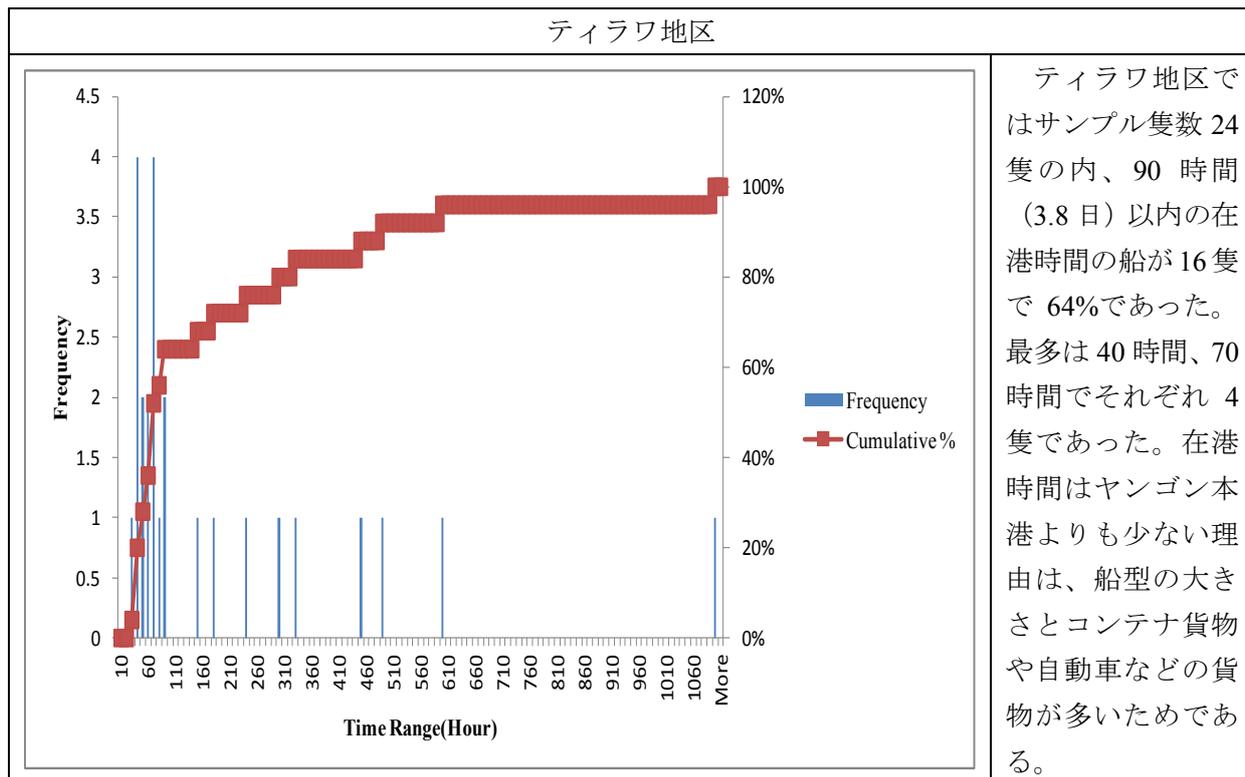
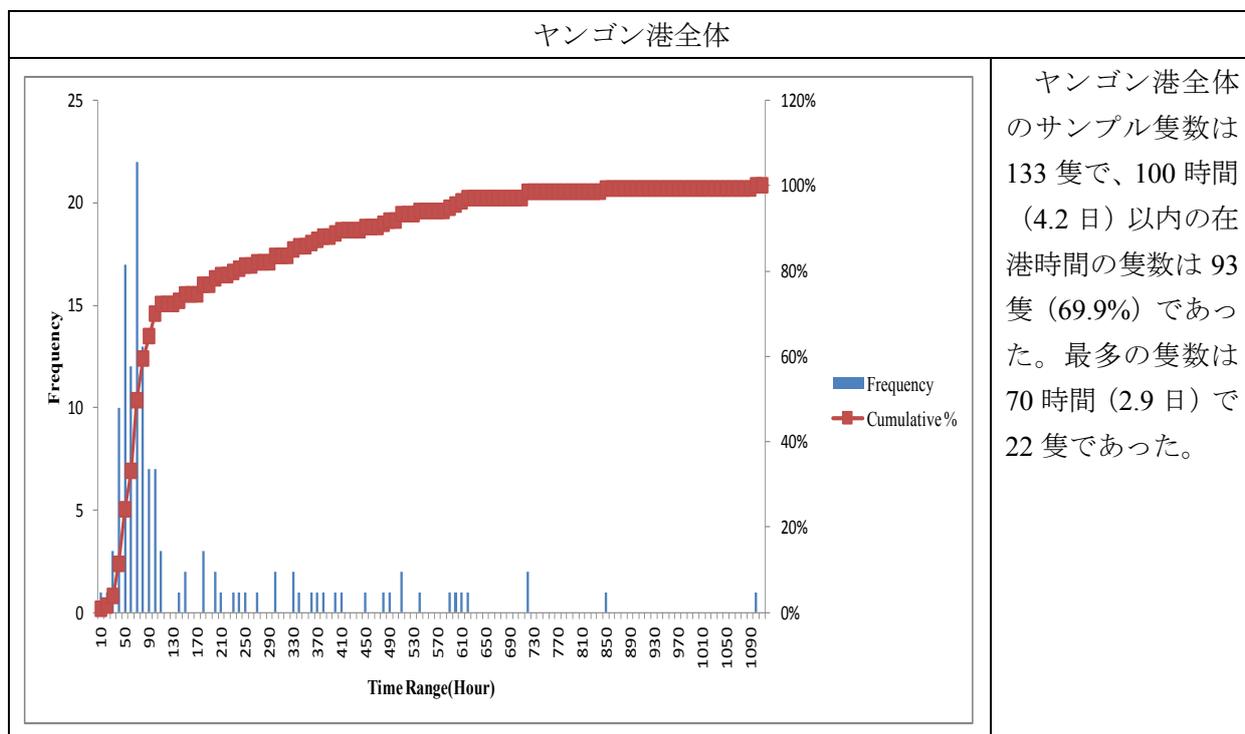


図 5.4-66 港外着から離棧までの時間（ヤンゴン本港）



ティラワ地区ではサンプル隻数 24 隻の内、90 時間（3.8 日）以内の在港時間の船が 16 隻で 64%であった。最多は 40 時間、70 時間でそれぞれ 4 隻であった。在港時間はヤンゴン本港よりも少ない理由は、船型の大きさとコンテナ貨物や自動車などの貨物が多いためである。

図 5.4-67 港外着から離棧までの時間（ティラワ地区）



ヤンゴン港全体のサンプル隻数は 133 隻で、100 時間（4.2 日）以内の在港時間の隻数は 93 隻（69.9%）であった。最多の隻数は 70 時間（2.9 日）で 22 隻であった。

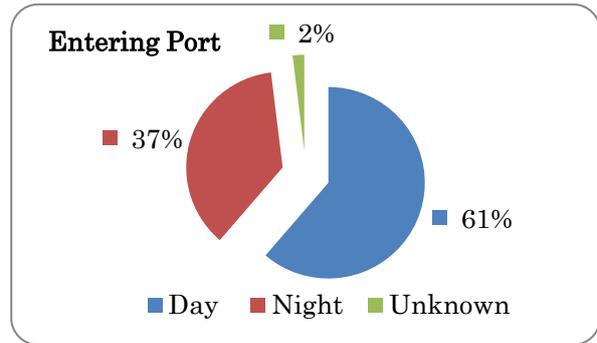
図 5.4-68 港外着から離棧までの時間（ヤンゴン港全体）

➤ 航行時間の実態

夜間入港の実態を確認する目的で入港と出港の時刻を調査した。日出・日没時は季節により毎日変化するが、ここでは、05:20 時から 18:00 時までを昼 (Daytime)、18 時から 05:20 時までの時間帯を夜 (Nighttime) として集計した。

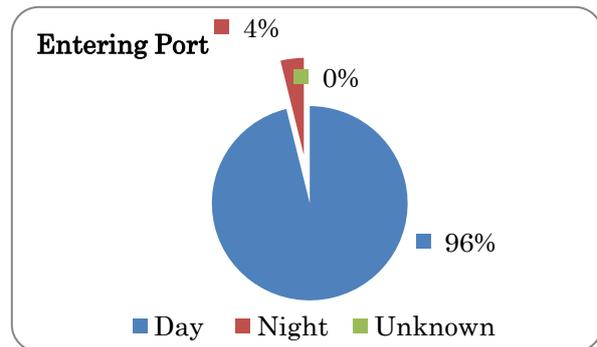
● 入港時間 (ヤンゴン港全体)

Day Time/Night Time	Nos.of Vessels
Day	95
Night	57
Unknown	3
Total	155



● 入港時間 (ティラワ地区)

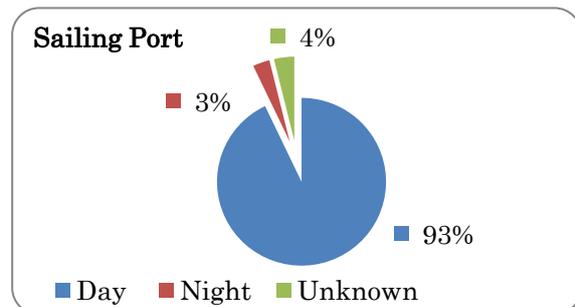
Day Time/Night Time	Nos.of Vessels
Day	25
Night	1
Unknown	
Total	26



ヤンゴン港全体ではサンプル隻数合計 155 隻の内、昼の入港が 95 隻 (61%)、夜間入港が 57 隻 (37%) であった。また、ティラワ地区のみを見ると寄港船 26 隻の内、25 隻 (96%) が昼で夜間入港は 1 隻のみであった。

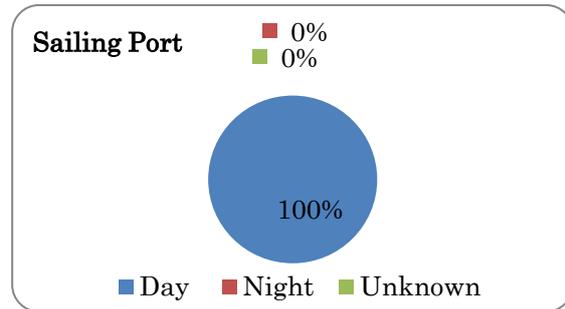
● 出港時間 (ヤンゴン港全体)

Day Time/Night Time	Nos.of Vessels
Day	144
Night	5
Unknown	6
Total	155



・出港時間（ティラワ地区）

Day Time/Night Time	Nos.of Vessels
Day	25
Night	0
Unknown	
Total	25



全体では、155 隻の内、昼の出港が 144 隻（93%）、夜間出港が僅か 5 隻（3%）であった。ティラワ地区ではサンプル隻数 25 隻が全て昼の出港であった。

➤ 寄港船の総トン数

寄港船の総トン数は表 5.4-38 のとおりであった。ティラワ地区に入る平均船型はヤンゴン本港の約 2.1 倍の大きさであった。

表 5.4-38 寄港船の総トン数

区 域	項 目	総トン数
ヤンゴン本港	平均	6,601
	最大	17,736
	最小	1,297
	サンプル隻数	123
ティラワ地区	平均	14,080
	最大	43,810
	最小	2,986
	サンプル隻数	26
全 体	平均	7,906
	最大	43,810
	最小	1,297
	サンプル隻数	149

➤ ティラワ入港船の喫水

ヤンゴン本港よりも平均船型が大きいティラワ港に入る船の喫水を表 5.4-39 に纏めた。入港時と出港時の平均喫水、最大、最小は次のとおりであった。入港時と出港時の最大喫水はそれぞれ 8.9m、8.8m であった。

表 5.4-39 ティラワ入港船の喫水

	入港時		出港時	
	船首喫水	船尾喫水	船首喫水	船尾喫水
平均喫水	5.8m	6.8m	4.9m	6.2m
最大喫水	8.4	8.9	7.5	8.8
最小喫水	3.8	4.8	2.4	4.3

出典：調査団作成

➤ 入港時、出港時の潮流

ティラワ入港船の航行時間の潮流が上げ潮時か下げ潮時かを確認したところ、表 5.4-40 に示すように、入港では 26 隻の内、23 隻が上げ潮時に Pilot が Outer Bar で乗船、ティラワ港からの出港では 25 隻のサンプル隻数の内、8 隻が上げ潮時、17 隻が下げ潮時に乗船している。

表 5.4-40 ティラワ入港船の喫水、Pilot 乗船時間、潮流

	SHIP'S NAME	Draft(m)		Pilot Onboard Date/Time	Flood /Ebb	HW/LW	Draft(m)		Sailing/Shifting Date/Time	Flood /Ebb	HW/LW
		Entering					Sailing				
		Fore	Aft				Fore	Aft			
1	GENIUS STAR X	4.5	6.3	2012/8/28 11:12	↑	HW13:05	4.0	5.9	2012/8/29 15:30	↓	LW22:47
2	CHAO ANOMA	6.0	6.5	2012/8/29 11:40	↑	HW13:05	2.4	4.4	2012/8/30 16:30	↓	LW23:39
3	ASIAN LEADER	5.3	6.0	2012/8/17 12:24	↑	HW15:15	5.2	5.9	2012/8/18 10:00	↓	LW12:18
4	DELPHNIUS	6.2	6.4	2012/8/19 14:20	↑	HW16:22	5.5	6.2	2012/8/21 12:00	↓	LW14:16
5	CHAO ANOMA	6.2	6.2	2012/8/19 11:35	↑	HW16:22	2.4	4.3	2012/8/20 14:00	↓	LW13:36
6	POSITIVE PIONEER	8.4	8.4	2012/8/25 5:30	↑	HW08:30	7.5	7.8	2012/8/27 13:30	↓	LW20:28
7	A HANDY	4.3	5.9	2012/8/5 12:00	↓	LW12:11	6.0	7.0	2012/8/13 11:00	↑	HW13:15
8	BANGLAR MOOKH		5.6	2012/8/11 17:18	↑	HW22:39			2012/8/29 10:30	↑	HW14:51
9	PAC STAR		8.8	2012/8/12 8:35	↑	HW11:00			2012/8/22 12:30	↓	LW14:55
10	ATTAR		6.1	2012/8/16 9:30	↑	HW14:43				↓	
11	CHOLLADA NAREE		6.0	2012/8/21 3:00	↑	HW05:22		5.5	2012/8/28 14:30	↓	LW21:45
12	BANGLAR MONI		5.4	2012/8/22 16:00	↑	HW18:19		8.8	2012/9/7 15:30	↑	HW20:08
13	IPANEMA		8.8	2012/8/30 15:00	↓	LW21:49		5.6	2012/9/9 14:30	↓	LW16:31
14	AN XIN JIANG		8.4	2012/8/27 14:30	↓	LW18:43		5.4	2012/9/7 8:30	↓	LW15:12
15	BRILLIAXIT	7.5	8.5	2012/8/3 11:54	↑	HW16:08	7.3	8.1	2012/8/4 11:00	↓	LW13:15
16	OCEAN WINNER	6.3	6.6	2012/8/4 12:15	↑	HW16:44	6.2	6.6	2012/8/5 14:30	↑	HW18:13
17	POSITIVE PASSION	7.9	7.9	2012/8/13 10:22	↑	HW12:28	6.4	7.1	2012/8/15 7:30	↓	LW10:01
18	ZEE TEE	6.6	7.0	2012/8/14 7:30	↑	HW13:27	2.4	4.4	2012/8/15 10:30	↑	HW15:03
19	ZAMBALES	5.5	6.1	2012/8/15 11:35	↑	HW14:08	4.4	5.8	2012/8/16 8:30	↓	LW10:54
20	ASIAN INNOVATOR	6.0	6.2	2012/8/16 12:45	↑	HW14:43	5.5	6.2	2012/8/17 9:00	↓	LW11:38
21	GENIUS STAR X	4.5	6.3	2012/8/28 11:25	↑	HW13:05	4.0	5.9	2012/8/29 15:30	↓	LW22:47
22	CHAO ANOMA	6.0	6.5	2012/8/29 11:40	↑	HW13:56	2.4	4.4	2012/8/30 16:30	↓	LW23:39
23	PAC AQUILA	5.2	7.2	2012/8/2 11:42	↑	HW15:29	5.8	7.5	2012/8/4 14:00	↑	HW17:37
24	GATI PRIDE	4.0	4.8	2012/8/2 13:12	↑	HW15:29	6.0	7.0	2012/8/4 11:00	↓	LW13:15
25	PAC AQUILA	7.1	8.4	2012/8/15 10:54	↑	HW14:08	5.0	7.0	2012/8/16 11:30	↑	HW15:40
26	GATI MAJESTIC	3.8	5.8	2012/8/15 8:24	↑	HW14:08	4.1	5.7	2012/8/16 11:30	↑	HW15:40
Average Draft		5.8	6.8		↑	HW 23	4.9	6.2		↑	HW 8
Max. Draft		8.4	8.9		↓	LW 3	7.5	8.8		↓	LW 17
Min. Draft		3.8	4.8				2.4	4.3			

4) ヤンゴン港の本船動静の特徴・課題

これまでの集計、分析よりヤンゴン本港とティラワ地区に寄港した本船の動静の特徴は次のとおりである。

a) 大型船の通航量

今回の調査は外航船のみで内航や近海航路の船は含まれていない。8月1日から9月4日まで35日間の外航船の通航量は155隻で、1日平均4.6隻であった。

データを提供した MPA Shipping Agency Dept. のヒアリングによると1日当たり5隻～10隻が入港し、出港しているとのことであった。

b) 港外着から Pilot 乗船までの日数

一般的には、本船の港外着と同時に Pilot が乗船し、予定のバースに向かうが、集計によると、ヤンゴン港で平均 2.2 日、ティラワ地区で 4.0 日の沖待ち (Waiting) が発生しており、在港時間を長くする大きな要因となっている。Waiting には次の原因が考えられる。

- Pilot が荒天などの理由で本船に乗船できない
- バース待ち (予定バースの先船の出港が遅れている)
- 本船/代理店/港湾管理者間の連絡体制・連絡方法が不十分
- その他、船主、海運会社、本船の修理などの都合

c) 本船の着岸から離岸までの平均停泊日

ヤンゴン本港、ティラワ地区の両地区ともに 4.0 日間と長い日数の停泊となっている。寄港船の船型が、ティラワ地区がヤンゴン本港の約 2 倍大きいということは、貨物量も比例して大量であり、平均停泊日が同じということは、ティラワ地区はコンテナ船や自動車船が多く、荷役効率がよいと考えられるが、両地区の平均停泊日 4 日と長い理由として、次のことが考えられる。

- 港湾管理運営システムの問題 (通関や港湾管理の書類や手続きシステム)
- コンテナ化の遅れ
- 本船荷役や岸壁側の沿岸荷役、そして岸壁や上屋での保管、搬出入などの作業効率の悪さ

d) 港外着から離岸までの日数 (平均在港日数)

平均在港日数は 1 隻あたり、ヤンゴン本港で 6.1 日、ティラワ地区で 7.8 日、全体では 6.4 日と長い、発生頻度では、ヤンゴン本港では、71.3%が 4.2 日間、ティラワ地区では 64%が 3.8 日とやや短縮されるが、入港船の船型が小さいことや荷役の貨物量がそれほど多くないことなどを勘案すると、この在港日数は他国の主要港に比べると長すぎる。今回の調査より、平均在港日数が長い理由として次のことが考えられる。

- 長期間の Waiting (沖待ち)
- 夜間の入出港が少ないこと
- 一般貨物船が多く荷役効率が悪いこと
- コンテナ化が遅れている
- 本船/代理店/港湾管理者間の連絡体制・連絡方法が不十分

e) 夜間の入出港

データ分析のとおり夜間の入出港が極めて少なく、特にティラワ地区では入港が 26 隻中 1 隻のみで、出港は 25 隻の中で 0 隻であった。これは、港湾の効率的な運営を大きく阻害する要因になっている。

(4) ヤンゴン港ポートオペレーションの改善案

今回の調査で寄港船の平均在港日数が 6.4 日と極めて長いことが判明した。このような長期の日数が今後も継続すると、船会社は採算性の観点からヤンゴン港への配船は困難な状態となる。前項のヤンゴン港の本船動静の特徴・課題に対し、ポートオペレーションの改善案として次の項目が挙げられる。

1) 課題-1

Pilot Vessel そのものが小型の船型であり、しかも老朽化が激しいことと、搭載している Pilot Boat が LOA 5m と外洋である Outer Bar で Pilot サービスをするには余りにも小さすぎるため、波高が 1.5m 以上の荒天時には Pilot が本船に乗船できない状態に陥る。

改善案 Outer Bar の Pilot Vessel の代わりに固定式の Pilot Station を建設する、併せて Pilot Boat も LOA が 16m 程度に大型化し更に高速化も図る。

2) 課題-2

バース待ち（予定バースの先船の出港が遅れている、荷役能率の悪さ、コンテナ化の遅れ、

改善案 一般雑貨の荷役はコンテナ化を促進する。ヤンゴン本港、ティラワ地区を含めた総合的な港湾再開発計画の検討と実施が必要である。

3) 課題-3

本船/代理店/港湾管理者間の連絡体制・連絡方法が不十分

改善案 荷役作業面では港湾管理システム、本船の入出港管理では VTMS の導入により新しい管理システムを確立する。

4) 課題-4

夜間入出港が殆どなされていないこと

改善案 固定式の Pilot Station、Pilot Boat の大型化、灯台やブイなどの航路標識の整備、そして VTMS 導入等により改善できる。

5.4.6. 航行安全施設

これまでに述べたティラワ地区港の現状の課題や対策案を踏まえ今後実行すべき航行安全計画を検討した。

ティラワ地区港の港湾管理者である MPA は同港への入港船に対する航行安全を確保する義務がある。MPA の管理の対象となる水域は Outer Bar の錨地及びパイロットステーションから同港に到るまでのアプローチ航路、同港沖合の錨地そして同港の港湾施設・設備である。

対象水域の現状の課題は3.3章で述べたとおりであるが、本調査により、航路水深が浅いこと、電子海図がないこと、航路標識の不足、Pilot Vessel や Pilot Boat の船型が小さいことや老朽化など多くの課題が抽出された。

また、本調査では約1ヵ月間に亘り、寄港船の Outer Bar 着からパイロット乗船、着棧、出港までの時間的な動静データを取得し分析したところ、同港では夜間の入出港が殆ど行われておらず港湾効率が極めて低いレベルとなっていることが明らかになった。

調査の結果を踏まえ、同港の夜間入出港の隻数を大幅に増やし、港湾効率を高めることを航行安全計画の目標とする。この目標を達成するための対策を表5.4-41に示す。

表 5.4-41 航行安全面での現状の課題と対策

項 目	課 題	対 策
航路標識、電子海図 (目標) ・航路標識の整備により夜間航行を可能とする	灯台、ブイなどの航路標識の不足や電子海図がないために、夜間航行を阻害している。また、海難も発生している。	航路標識の整備計画を策定、段階的に灯台、ブイ、Leading Lightなどの航路標識を整備する。電子海図は Navy が管掌しているので本調査の対象外とする。
Vessel Traffic Management System (VTMS) (目標) ・Outer Bar、ヤンゴン河航路の航行およびティラワ地区入港時の航行安全対策と港湾運営の効率化	ティラワ地区に入港する船舶は水深の浅い Outer Bar やヤンゴン河の航路を通航しなければならぬ。航路は灯台やブイなどの航路標識も乏しく、また、潮流も激しいことから航行安全に大きな課題がある。また、航行安全面の理由で夜間の入港は制限されており、港湾運営効率化の阻害要因となっている。	今後、急速に増加する船舶の航行安全と港湾の効率化のためには、レーダーや AIS 基地局、カメラ装置、VHF などの装置で構成される VTMS の導入が必要である。導入にあたっては、ソフト面の強化が必要である。
Pilot 業務の改善 (目標) ・安全性向上と効率性の改善 ・Outer Bar Pilot 基地 (Station) 建設および Pilot Boat の改善	現在は Pilot Vessel から小さな Pilot Boat に乗り本船に乗船 (下船) しているが、モンスーン時期など荒天のため Pilot Vessel の動揺し、Pilot の乗り移りが極めて危険な状態となっている。	・荒天に対抗できる固定式 Pilot 基地 (Station) に変更 ・Pilot Boat を外洋用に大型化、高速化、安全性の向上を検討し、実施する。ヘリコプターの導入も検討する。

(1) 航行援助施設

1) 航路標識

Outer Bar の錨地及びパイロットステーションより、ティラワ地区港への入港船の航行安全を確保するためには、灯台、ビーコン、ブイ、リーディングライトなどの航路標識の整備が必要である。航行ルートが広範囲に亘ることもあり、次の3箇所に分けて検討することとする。

a) パイロットステーション

新規に建設を計画されている固定式パイロットステーションに、設置が必要と考えられる航路標識としては、次の3つが挙げられる。

- a) 入出港船がパイロットステーションにアプローチするためのランドマーク
- b) パイロットボート用栈橋を明示する
- c) 沖合固定構造物（建設時を含む）としてのパイロットステーションを明示する

表 5.4-42 にこれらの航路標識仕様案について示す。

表 5.4-42 パイロットステーションの航路標識仕様案

	Type	Specification	Example
a	Lighthouse	Body : Aluminum Modular Panels Light Color : White Light Source : LED Power Source : Solar System Range : more than 10NM Accessory : AtoN AIS	
b	Light Beacon	Body : Aluminum Pole Light Color : Yellow Light Source : LED Power Source : Solar System Flashing : Synchronized	
c	Light System operated in unison	Light Color : White Light Source : LED Power Source : Solar System or AC Power with Backup System Flashing : Synchronized	

工期については、ヤンゴンのサイクロンや急潮流等を特徴とする設計の条件が確定してから、しっかりとした設計・検討～製造で約6ヵ月以内、a、b、cともに据付にクレーン等の重機を必要とせず比較的容易に設置出来るタイプであることから、設置に関しては、基礎工事から概ね約1ヵ月以内に完了することが見込まれる。

b) Western Channel

Elephant Point を約70度の角度で迂回し、可航幅は最狭部で約500m（BA海図833）と狭いため、Monkey Point Channel に次いで危険水域である。リーディングライトとブイが設置さ

れていたが、サイクロン・ナルギスによって破損し、ブイについては塗装の剥げなど老朽化が見られる。この Channel の航路標識整備として、次の3点が考えられる。

- a) Elephant Point のランドマーク
- b) 破損したリーディングライトの復旧
- c) ブイの老朽換装

表 5.4-43 にこれらの航路標識仕様案を示す。

表 5.4-43 Western Channel の航路標識仕様案

	Type	Specification	Example
a	Lighthouse	Body : Aluminum Modular Panels Light Color : White Light Source : LED Power Source : Solar System Range : more than 10NM Accessory : AtoN AIS	
b	Leading Light	Body : Aluminum Alloy Light Color : White Light Source : LED Power Source : Solar System Flashing : Synchronized	
c	Lighted Buoy	Body : Swift Current type Light Color : Green or Red Light Source : LED Power Source : Solar System Flashing : Synchronized	

工期については、設計から製造で約 6 ヶ月以内、基礎工事から据付まで概ね約 1 ヶ月以内に完了することが見込まれる。

c) ティラワ地区港

Western Channel 通過後、ティラワ地区港までの航行ルートには、2 ヶ所の変針点と 2 ヶ所の狭い航路があり、リーディングライトも設置されていたが、2008 年 5 月のサイクロン・ナルギスにより破損し現在に至っている。このリーディングライトの復旧とともに、ティラワ地区港付近では、表 5-4-44 の灯台、ビーコン、ブイの整備が必要である。

- a ティラワ地区港のランドマーク

- b 破損したリーディングライトの復旧
- c ブイの新設及び老朽換装
- d ビーコンの新設

表 5.4-44 ティラワ地区港付近航路標識仕様案

	Type	Specification	Example
a	Lighthouse	Body : Aluminum Modular Panels Light Color : White Light Source : LED Power Source : Solar System Range : more than 10NM Accessory : AtoN AIS	
b	Leading Light	Body : Aluminum Alloy Light Color : White Light Source : LED Power Source : Solar System Flashing : Synchronized	
c	Lighted Buoy	Body : Swift Current type Light Color : Green or Red Light Source : LED Power Source : Solar System Flashing : Synchronized	
d	Light Beacon	Body : Aluminum Pole Light Color : White, Red, Green or Yellow Light Source : LED Power Source : Solar System Flashing : Synchronized	

工期については、設計から製造で約6ヵ月以内、基礎工事から据付まで概ね約1ヵ月以内に完了することが見込まれる。

2) Vessel Traffic Management System (VTMS)

a) VTMS 導入の目的

- Outer Bar からヤンゴン河航路を通りティラワ地区に入港するまで、或いはティラワ地区から出港し Outer Bar にいたるまでのアプローチ航路と関連水域の航行安全

対策

- 円滑で効率的な航路監視・港湾運営のツール
- 海難事故による海洋汚染のモニタリング (VTMS の 1 システムである海洋環境 GIS システムによる情報提供を含む)
- 海上交通輸送は増加するが、VTMS 導入により効率的な運航が可能となり、CO2 排出量の削減に繋がる
- 不審船の早期発見による海賊被害防止対策

b) VTMS プロジェクトの実施概要

i) VTMS システムの構築と運用

ティラワ地区までのアプローチ航路を中心に Outer Bar Pilot Station までの水域をカバーするレーダサイトを設置し、船舶航行監視システム (Vessel Traffic Service :VTS) 及び船舶自動認識システム (Automatic Identification System:AIS) を構築し、同時に海洋環境 GIS システム (Oceanic Environment Geographic Information System: GIS) を装備したナビゲーションシステムをミャンマー海事局 (DMA) の PMU (Project Management Unit)が整備後、MPA が運用する。

ii) VTMS の構成と航行安全管理

VTMS は海岸線に航行船舶捕捉用のレーダサイト、航行船舶との通信を可能とする VHF 無線通信送受信所及び AIS で構成するものであり、航行船舶の安全支援、航路逸脱監視、危険情報の提供、錨地管理、入出港船舶状況管理などの支援を行う。

iii) 海洋環境 GIS による安全性、効率性の向上

狭い航路や輻輳海域には、海洋環境 GIS を導入することで、航行船舶に最適航路・航行情報を提供し、業務管理センターでは海洋環境 GIS 上での船舶誘導が可能となり、狭くて輻輳している海域や港湾での安全性と効率性を更に高めることが可能になる。

iv) プロジェクトの構成と工程

本プロジェクトでは、船舶の航行に係る安全性、信頼性、効率性を実現するためのソリューションとして次の構成及び工程で行う。

1) レーダサイトの建設

VTMS 及び AIS の構築のために、ヤンゴン河を中心に合計 4 ヶ所のレーダサイトを設置し、無線送受信所を併設する。(図 5.4-69 の 3 ヶ所に加え、今回提案する Outer Bar の Pilot Station のレーダサイト) 尚、各サイトのレーダ探知距離は次のとおりである。

- Yangon Radar Site 10 マイルレンジ (10 海里圏をカバーする) (図 5.4-70)
- Thilawa Radar Site 10 マイルレンジ (10 海里圏をカバーする) (図 5.4-71)
- Elephant Radar Site 20 マイルレンジ (20 海里圏をカバーする) (図 5.4-72)
- Outer Bar Pilot Station 20 マイルレンジ (20 海里圏をカバーする)

2) VTMS 及び AIS ネットワークの構築

ティラワ地区に業務管理センターを設置し、VTMS 及び AIS から送られてくる船舶情報、航路情報、港湾情報を集約する。同時にミャンマー海事大学 (MMU) には、人材育成を目的とした VTMS シミュレータを設置する。

3) 海洋環境 GIS を装備したナビゲーションシステムの設置

MPA に海洋環境 GIS を装備したナビゲーションシステムを設置する。ナビゲーションシステムの目的は、ヤンゴン川航路とティラワ地区に入出港する船舶の航行安全と運航効率を高めることであり、安全や運航の支援を行うためには、船舶の状態、海気象情報及び海上交通流などの情報を総合的に収集して解析を行い、適切な助言を船舶にする必要がある。

このナビゲートシステムは、現在、海上や陸上など分野別に開発されているシステムを統合することにより、情報の分析や共有、船舶への提供などをより高度にするものである。本システムで関連する分野は次のとおりである。

- | | |
|------------------|----------------|
| ・ 船陸間高速大容量通信システム | ・ 最適航路選定システム |
| ・ 船舶運航支援 | ・ 衝突座礁回避システム |
| ・ 船舶推進性能 | ・ 離着岸支援システム |
| ・ 気象海象予測システム | ・ 海陸一貫物流情報システム |

ナビゲートシステムは、GIS データ管理システムを中核とした各システムにより構成される。

- ・ GIS データ管理システム
- ・ ストレージシステム
- ・ データ収集システム
- ・ データ解析システム
- ・ 監視表示システム
- ・ モバイルシステム

船舶や陸上レーダー局 (AIS 局) からの情報、気象海象情報や船体特性情報などのデータは、大容量ストレージ上の GIS データベースにて管理される。船陸間の伝送路は、衛星通信による海洋ブロードバンドシステムや無線 LAN、インターネットなど広範囲に対応できる。

各種データは、検索、編集、ダウンロード、アップロードが行え、解析処理や予測演算などに利用される。複数の大型モニタと中型モニタに各アプリケーション画面が表示できるとともに、海洋 GIS として画像やデータの重畳機能を持つ。

v) プロジェクト概要イメージ図

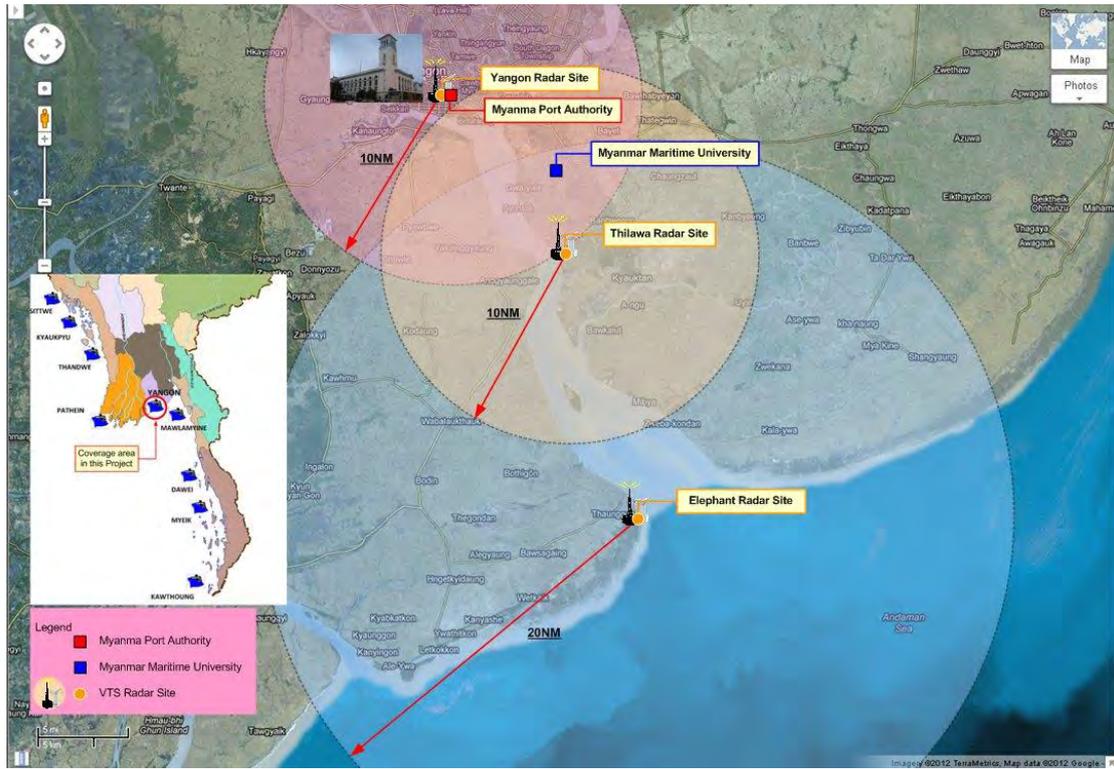


図 5.4-69 プロジェクト概要イメージ図 (1)

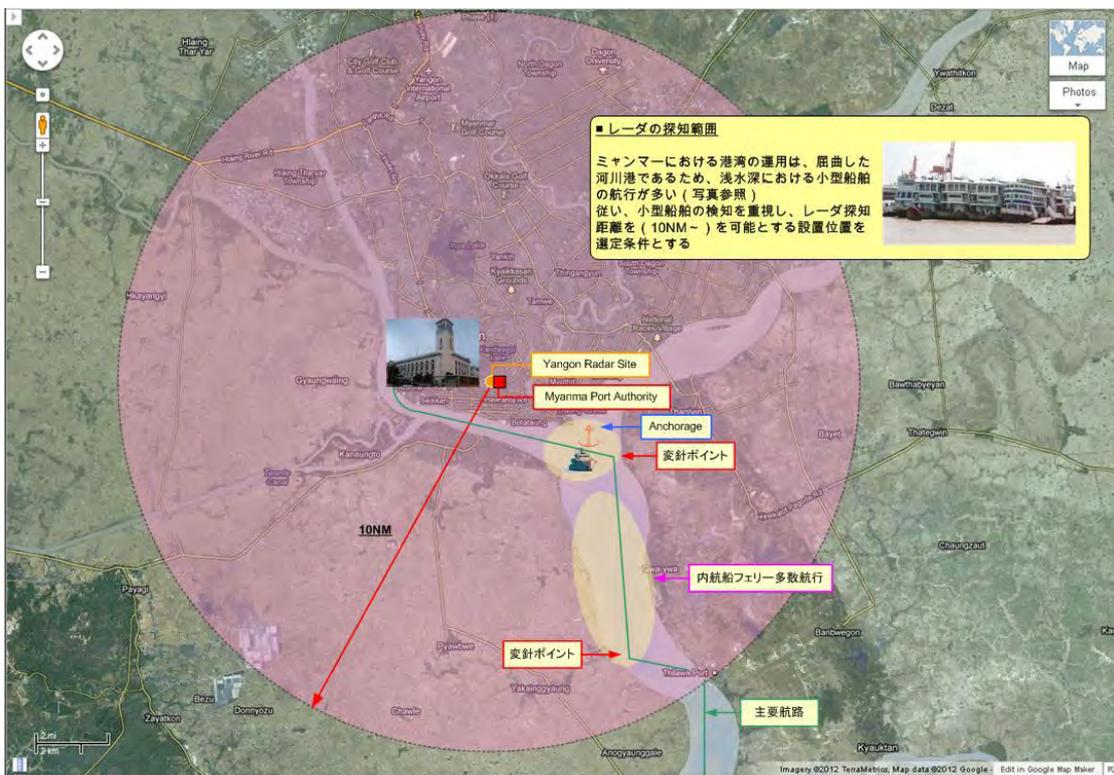


図 5.4-70 プロジェクト概要イメージ図 (2)

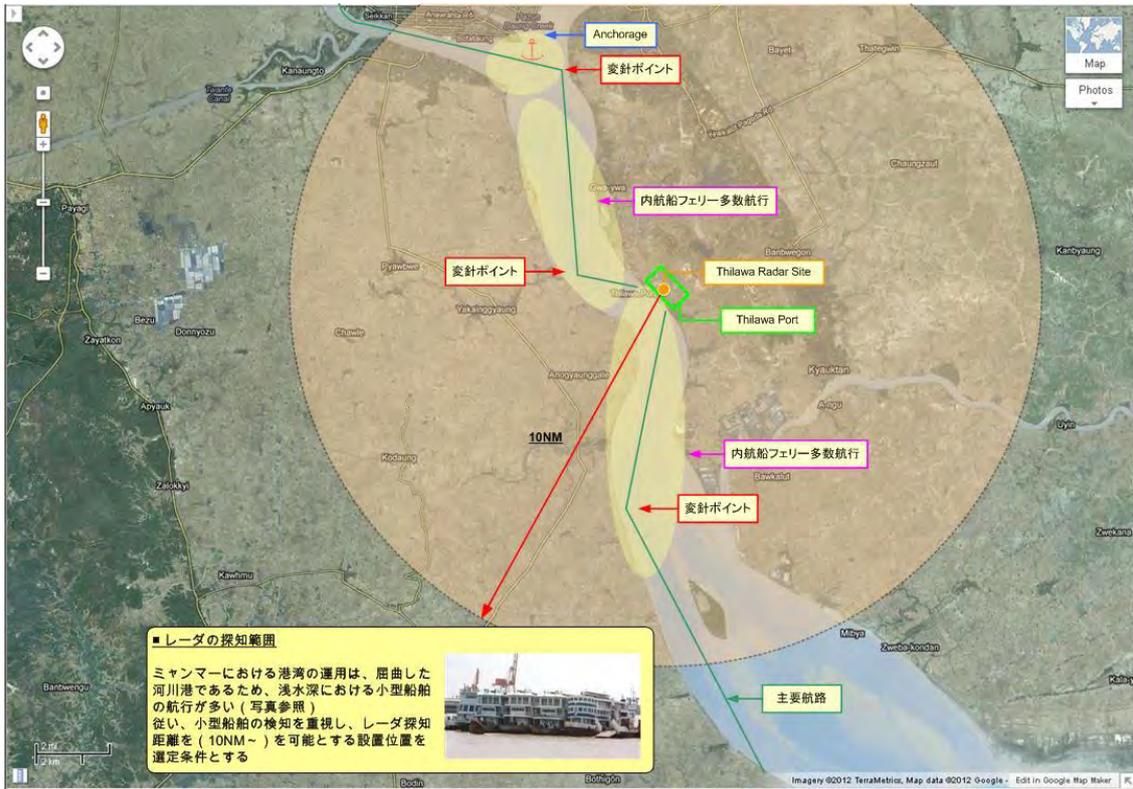


図 5.4-71 プロジェクト概要イメージ図 (3)

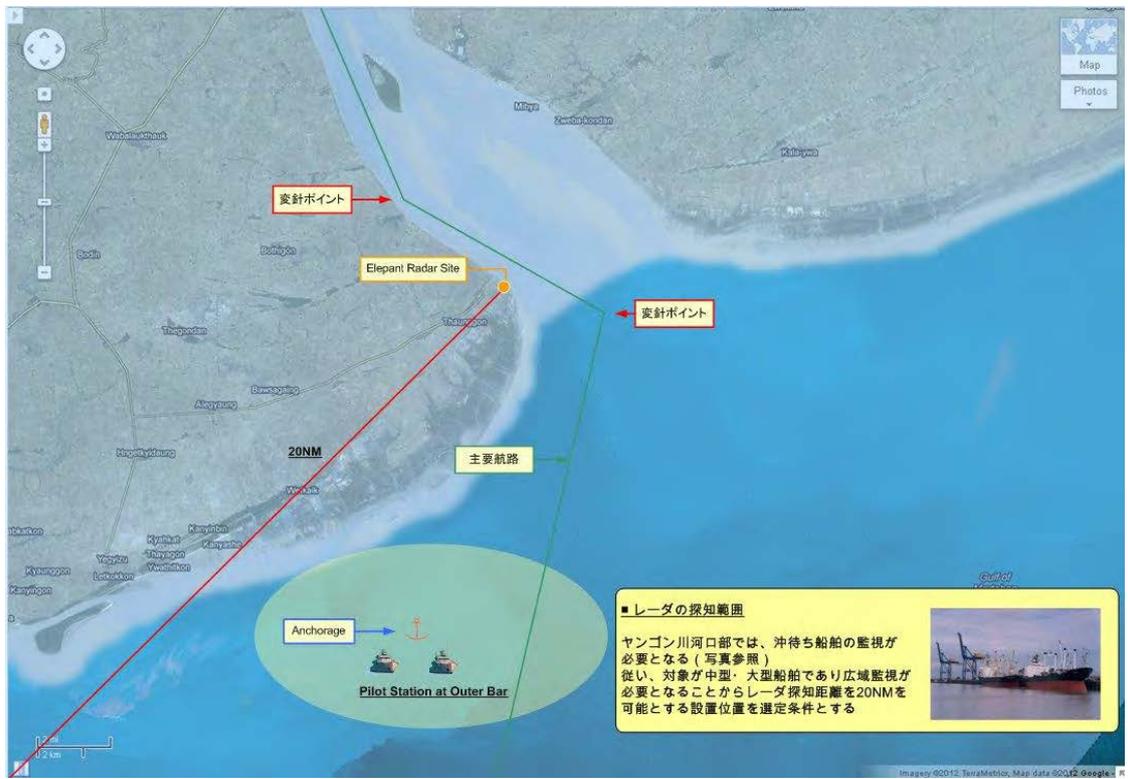


図 5.4-72 プロジェクト概要イメージ図 (4)

vi) システム構築例

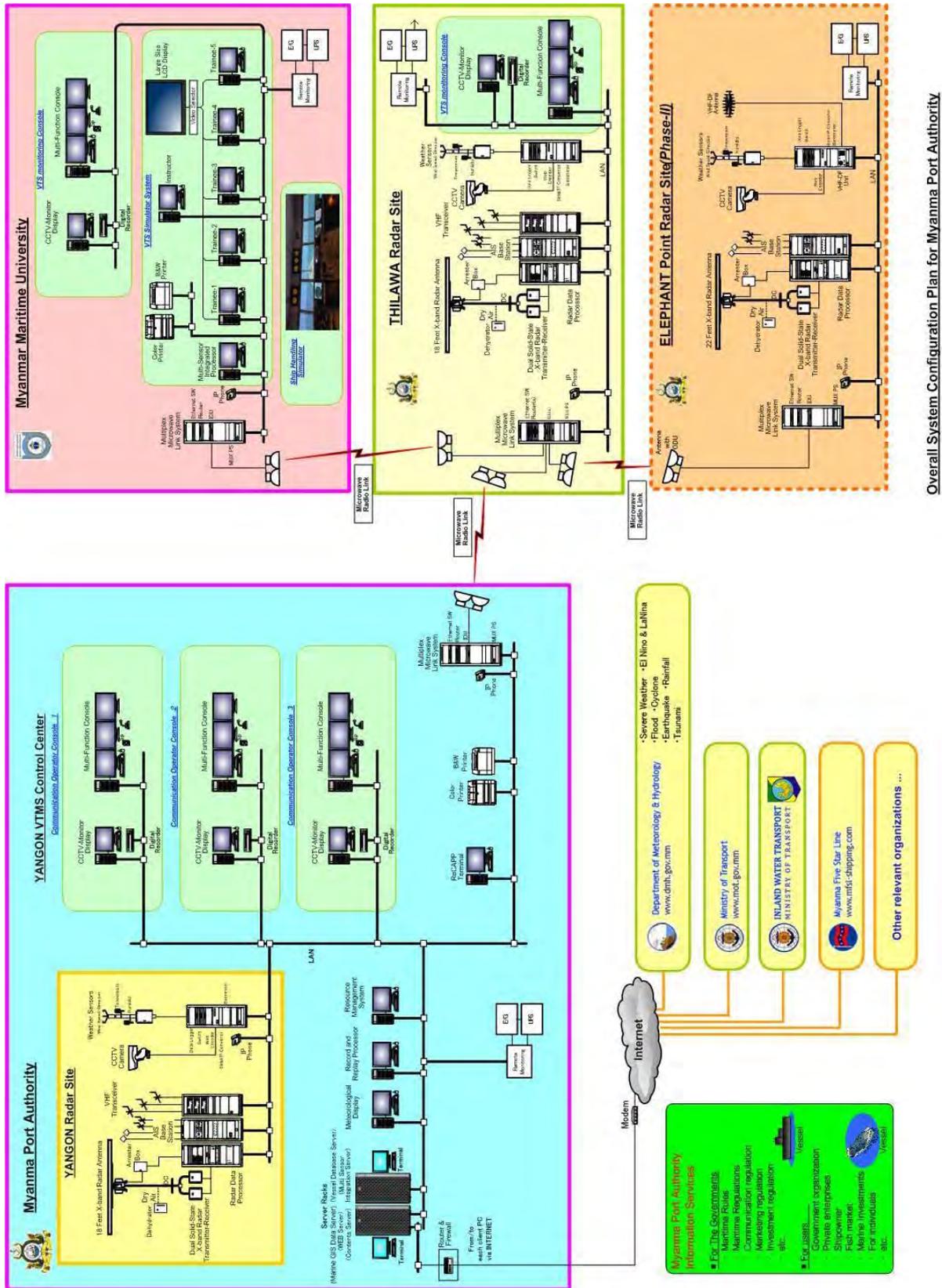


図 5.4-73 拠点別システム配置例

vii) システム内訳案

各拠点の施設と設備は次のとおりである。

- ティラワ港
 - VTMS コントロールセンター . . . 1 式
 - 海洋環境 GIS センター . . . 1 式
 - VHF 基地局 . . . 1 式
- Thilawa Radar Site
 - VTS レーダ、AIS 基地局、多重回線、局舎及びタワー . . . 1 式
- Elephant Radar Site
 - VTS レーダ、AIS 基地局、SSB 無線局、多重回線、局舎及びタワー、電源設備 . . . 1 式

オプション

- Outer Bar Pilot Station
 - VTS レーダ、AIS 基地局、SSB 無線局、多重回線、局舎及びタワー、電源設備 1 式
- ミャンマー港湾公社
 - VTMS モニタリングセンター . . . 1 式
 - AIS, VHF 基地局、多重回線、タワー、電源設備 . . . 1 式
- Yangon Radar Site
 - VTS レーダ、AIS 基地局、局舎及びタワー . . . 1 式
- ミャンマー海事大学
 - VTMS シュミレータ . . . 1 式

viii) ミャンマー側の実施機関・事業体制



図 5.4-74 ミャンマー側の実施機関・事業体制

- プロジェクト管理機関：ミャンマー海事局（DMA）で実施
- 運用機関：整備後は、MPAにて運用、
- 保守・維持管理：教育訓練後 MPAにてメンテナンスを実施
- 教育訓練：MMUにて教育訓練・人材育成を実施

ix) 経済的効果等

船舶航行監視システム（VTS、船舶自動認識システム（AIS）及び海洋環境 GIS は、航行船舶の安全確保、港湾や狭い航路の輻輳解消に有効に機能することから、海上輸送における安全性の確保と海上運輸能力が強化され、ミャンマーへの投資環境整備及び輸出能力強化に貢献する。

ミャンマーで毎年のように繰り返される海難事故を軽減することにより、事故による経済損失を軽減する。

ミャンマーは海上輸送の依存度が高く、海上輸送における安全性が確保されることで、国内の農業・工業製品のリードタイムの短縮や輸送の多頻度化が期待され、同国国内の人と物の移動を活性化し、国内経済の更なる成長を助長する。

ミャンマーは、我が国と西アジアや東南アジアを結ぶ海上輸送の要衝に位置し、ミャンマー近海を航行する船舶の安全航行が確保されることにより、周辺 ASEAN 諸国への経済成長を促す波及効果大きい。

船舶のエネルギー効率の管理を行うことで、ミャンマーに寄港する船舶の CO2 排

出・削減管理を提供し、環境面においても大きな経済効果を生み出すことができる。

x) 環境改善効果

地球温暖化や世界的な異常気象への対策として国連気象変動条約や京都議定書にて CO2 排出量の上限が規定されている。また、国際海運では、CO2 排出量は約 8.7 億トン と世界の CO2 排出量全体の約 2.7%を占めており、これはドイツ 1 国の排出量に相当する大きな量となっている。海運、すなわち船舶からの地球温暖化ガス（Green House Gases:GHG）排出は、燃料油起源の CO2 排出によるものであり、IMO（国際海事機構）では船舶からの CO2 排出量削減について規制を定め、2013 年 1 月から削減を義務化している。国際海運からの GHG ガス排出規制について、IMO にて審議した結果、条約改正案が採択された。条約改正の骨子として新造船の CO2 排出規制と省エネ運航計画の作成が義務付けられている。

このように船舶に対する CO2 排出規制への対応策の一つとして、船舶エネルギー効率を運航的手法や自己モニタリングにより管理することができる海洋環境 GIS を装備したナビゲーションシステムの導入が有効である。

また、船舶航行監視システム、AIS 及び海洋環境 GIS は、沿岸国が航行船舶の船名や目的地などの属性を把握することで、これらの航行船による不法投棄の防止やダーティバラスト水の排出抑制につながることから海洋汚染の防止が図られる。

従って、本プロジェクト整備による環境改善効果としては、

- 効率的・経済的運航支援（速力、早着、沖待ちなしなど陸上から運航指示を出してオペレーションの効率化を図る）
- 的確な配船スケジュールの管理
- 気象海象影響を考慮した運航計画への支援
- 省エネ航路の提供および省エネ操船情報の提供

(2) パイロットステーション

1) 固定式パイロットステーションの建設理由と目的

Pilot 業務で最も危険な作業は、Pilot がパイロットステーションや本船からパイロットボートに乗り移る場合である。現在、Pilot Vessel が錨泊している Outer Bar は地形的にモンスーンによる風波が収斂するために、うねりが大きく Pilot Vessel の動揺は激しく Pilot の乗下船作業が困難になり業務の遂行ができなくなる。これはヤンゴン港への大型船の入出港が止まりヤンゴン港の港湾機能が麻痺することを意味する。このような事態を避け、安定した Pilot 業務を維持するためには、現在の Pilot Vessel 方式に代えて固定式のパイロットステーションを建設することが最良の方策であり、MPA もこの建設を強く望んでいる。

a) パイロットステーションの役割

これまでの Pilot Vessel 方式によるパイロットステーションは単に入出港船へのパイロットサービスの提供のみが目的であったが、固定式パイロットステーションは、灯台（または Light Beacon）を備えたランドマーク（航路標識）でもあり、また、レーダーも装備し、出入港船の安全や情報交換施設としての役割を持つことを目指す。新しいパイロットステーションの役割は次のとおりとなる。

- パイロットサービスの提供

固定式パイロットステーションと大型パイロットボートの配備により、モンスーン時期の荒天時でもパイロットサービスが提供できることを目指す

- ランドマーク（航路標識）

固定式パイロットステーションには灯台または Light Beacon を備え、出入港船がパイロットステーションにアプローチする際の航路標識としての役割も持つ

- Vessel Traffic Service (VTS)

固定式パイロットステーションにはレーダーも装備し、入港船に対し次のような情報提供や情報交換を行う

- ・ 沖待ちの場合は入港船の錨泊する位置や錨地周辺の他船の状況
- ・ Pilot の乗船時間と乗船する位置
- ・ 入港船の予定バースの状況
- ・ 気象・海象情報
- ・ その他航行安全に関する情報

i) パイロットステーションのオペレーションと必要な設備

新しいパイロットステーションのオペレーション概要と必要な設備については、今後 MPA と協議しながら決める必要があるが、現段階で調査チームが考えている概要は表 5.4-45 の通りである。

表 5.4-45 オペレーションと必要な設備

役 割	オペレーション	必要な設備
パイロット	当直：入港船のパイロットとして 8 名待機 非当直：出港船から戻ったパイロット 7 名（仮眠） 合計 15 名	待合室兼事務室、仮眠部屋（個室 10 室）、更衣室、通信設備、共同シャワー、トイレ 士官食堂
パイロットボート	当直（12 時間交替）：乗組員 2 名×3 隻=6 名 非当直：6 名+予備 2 名 合計 14 名（1 週間交代制）	パイロットボート 3 隻とその係留設備（係留設備には防波・消波用の設備と乗降設備が必要）ボートの燃料・部品・備品・消耗品と保管設備、修理用のボートダビット、乗組員 14 名と供食員 4 名の寝室
コントロールセンター	当直：3 名 3 直制 合計 9 名（1 週間交代制）	レーダー、VHF、AIS、SSB、その他の通信設備等があるコントロール室、寝室（9 名）、更衣室、トイレ、シャワー、食堂、上記設備機器の部品・消耗品
屋上	コントロールセンターの要員が管理	レーダースキャナー、灯台、通信アンテナ
食事	調理・供食：当直 4 名（1 週間交代制）	部員食堂、調理室、食料庫、食器
電気・水	自家発電、飲料水は定期的に補給 発電機の維持管理はボート要員、飲料水の管理は供食要員とする	発電機（ディーゼル、太陽光、風力などは今後の検討とする） 燃料タンク、水タンク

ii) パイロットステーションの概要

固定式パイロットステーションの概念図は図 5.4-75 のとおりであり、屋上には灯台設備、レーダースキャナ、通信用アンテナなどが設置され、3 階はコントロールセンター、2 階はパイロットの待機施設や仮眠部屋となり、1 階はパイロットボートの乗組員や調理要員のスペースとなる。海面にはパイロットボート 3 隻とその係留設備としての Jetty が必要で、さらに、モンスーンなどの荒天対策として防波、消波用の設備も取り付ける。また、パイロットボートに加え、ヘリコプターによる乗下船も考えられるので、ヘリポートをどこに置くかも考慮すべきである。

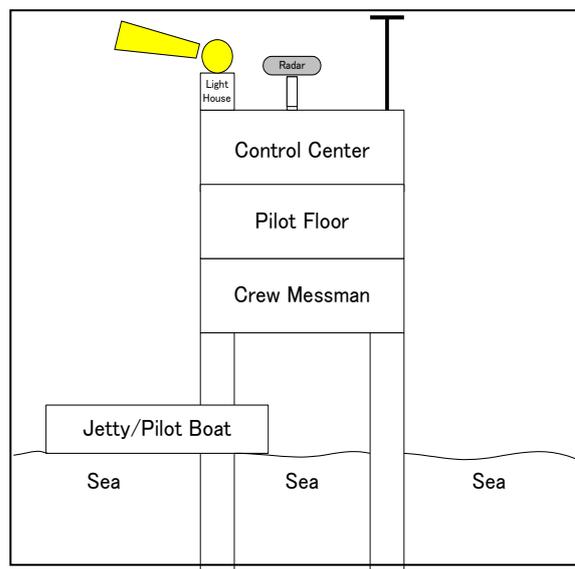


図 5.4-75 パイロットステーションの概念図

iii) バンコク港のパイロットステーション

タイ国港湾庁 (PAT) はタイ国主要港である、Bangkok Bar, Laemchabang, Mab Taput, Songkla, Puket の 5 か所にパイロットステーションを持っている。この中で洋上のパイロットステーションは Bangkok Bar のみで他の港は陸上の施設である。Bangkok Bar パイロットステーションはチャオプラヤ河の河口に位置し、岸線から約 18km 離れた鉄筋コンクリート製の洋上構造物である。1973 年 12 月に建設が始まり完成は 1978 年 7 月であった。構造物の高さは平均水面上

(MSL) 31.2m であるが、屋上にある灯台の高さは 38.38m でバンコク港入港船の航路標識にもなっている。2004 年から 2005 年にかけて防波堤とヘリポートの増設工事、通信設備の追加、居住区域の改造などが行われた。Bangkok Bar パイロットステーションは河口にあり、ヤンゴン港とよく似た地形でもあり、MPA は以前からこのような洋上構造のパイロットステーション建設を構想していた。



図 5.4-76 パイロットステーションの位置



図 5.4-77 Bangkok Bar パイロットステーション



図 5.4-78 パイロットボート



図 5.4-79 係留施設

2) パイロットステーションの設計

パイロットステーションの計画は、まだ構想の段階であり、具体的な位置さえも確定していないが、パイロットステーションの詳細設計をおこなうためには、以下のような計画と調査が必要となる。

1. 詳細な利用計画の策定
2. 最適な計画地点の設定

3. 現地調査

- ・ 地形調査（深浅測量、漂砂調査）
- ・ 地質調査（ボーリング調査、土質試験]
- ・ 海象調査（波浪調査、潮位調査、潮流調査）
- ・ 気象調査（気温、風、降雨、サイクロン）、

本調査では、現地の条件や利用計画をわかる範囲で想定し、パイロットステーションの大きな概略構造を推定し、概略建設費を算定した。

a) 概略設計

概略設計は、具体的な調査結果がないので条件を想定して実施した。

b) 自然条件

想定自然条件

計画位置水深	: DL-6.0m
潮位	: ティラワと同様
波浪	: 波高 2.0m 周期 12 秒
地盤	: 砂地盤 N値 10 以上

i) 利用条件

想定利用条件は、表 5.4-46 に示す条件とした。

ii) 想定所要面積

iv) 想定構造図

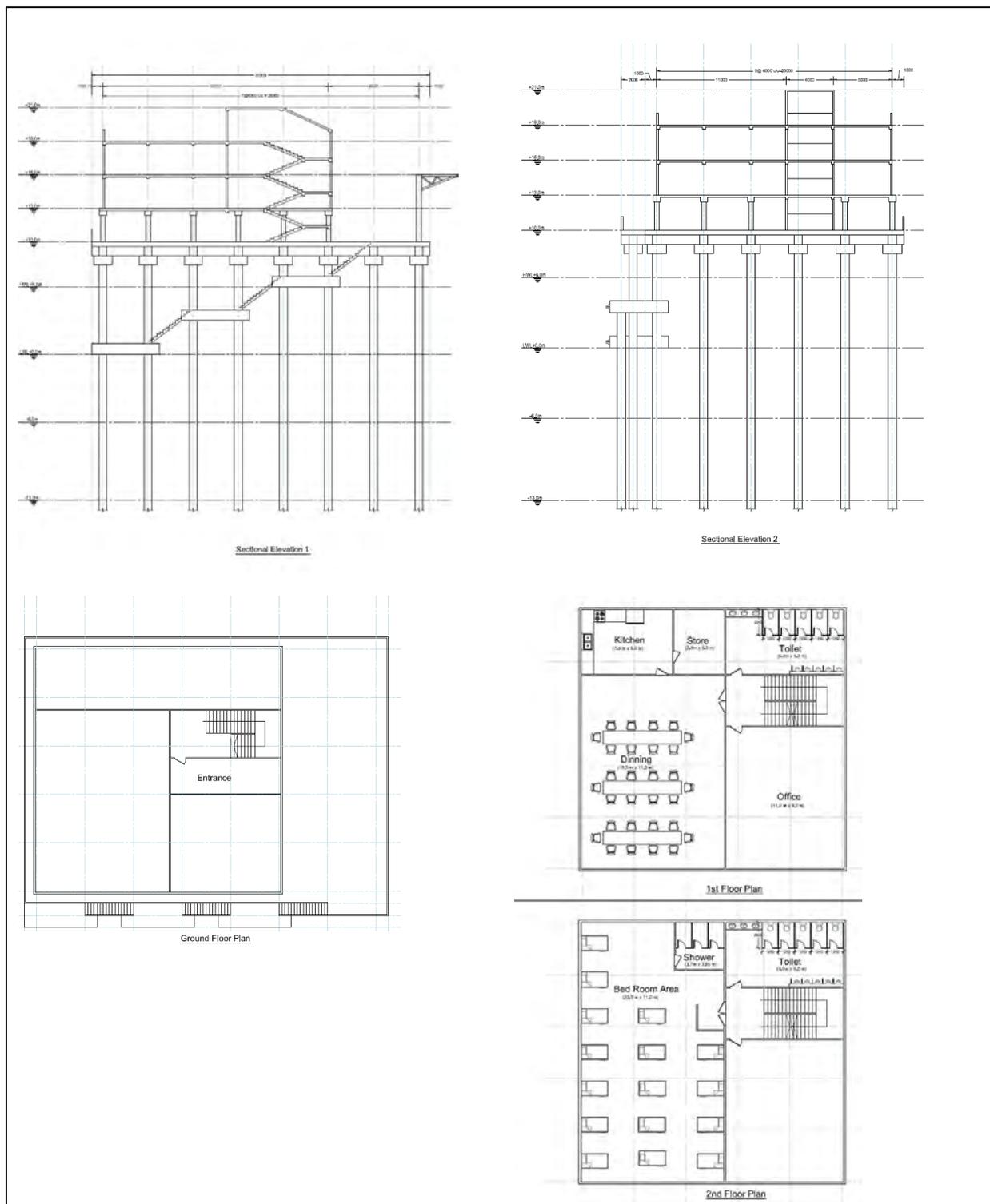


図 5.4-80 パイロットステーションの想定構造図

5.5. 港湾管理運営制度と官民連携

ティラワ地区においては多数の港湾開発プロジェクトが進行中であり、新たな港湾開発に利用可能な Plot は 8 Plots のみとなっている（表 5.5-1）。したがって、本調査が対象とする 5 Plots の開発スキームは、ミャンマー国にとって貴重な水際線であることを念頭に検討される必要がある。アジアにおける港湾開発で適用された PPP（パブリック・プライベート・パートナーシップ）についての分析を通じて、ティラワ地区港における望ましい港湾管理運営制度を明らかにしていく。

表 5.5-1 ティラワ地区の現況

Plot No.	Owner's Name	Situation	Main Cargo
1	Myat Myatta Mon Company Limited {PLOT 1,2(A)} Apex Gas & Oil Public Co., Ltd. {PLOT 1,2(B)} Shwe Taung Company Ltd. {PLOT 1,2(C)}	Under Construction	Fuel
2			
3	PUMA Energy Group Pte., Ltd	Document Processing	Bitumen and Petroleum Product
4	MYANMAR INTEGRATED PORT LIMITED (MIPL)	Operation	General Cargo
5	MYANMAR INTERNATIONAL TERMINALS THILAWA LIMITED (MITT)	Operation	Container/ General Cargo
6			
7			
8			
9	MPA-SMD PORT LIMITED (MSPL)	Pending of Construction	General Cargo
10			
11	Union of Myanmar Economic Holding Limited (UMEHL) {PLOT 14}	Construction hasn't started	General Cargo
12		Under Construction	Fuel
13			
14	Elite Petrochemical Co., {PLOT 15,16 (A/B)} Max Myanmar Co., Ltd {PLOT 15,16 C}	Under Construction	Fuel
15			
16	Green Asia Co., Ltd {PLOT 17,18 (A)} Denko Petrochemical Co., Ltd {PLOT 17,18 (B)} Thuriya Energy Depot Management Co., Ltd {PLOT 17,18 (C)}	Under Construction	Fuel
17			
18			
19	Union Solidarity and Development Association (USDA)	Construction hasn't started	Fuel
20	Wilmar International Ltd. {PLOT 20/21}	Feasibility Study	Agricultural Products
21			
22	MPA (ODA Loan) (5 PLOT) {PLOT 22/23/24/25/26}	Under Preparation	Container/ General Cargo
23			
24			
25			
26			
27	MPA (PLOT 27)	Remaining	
28	Myanmar Agribusiness Public Corporation Ltd.	Document Processing	General Terminal
29	Myanma Agricultural & General Development Public Co., Ltd. {PLOT29}	Document Processing	General Terminal
30	Diamond Star Co., Ltd. {PLOT 30}	Document Processing	General Terminal
31	MPA Plot 2/3 {PLOT 31}	Remaining	
31	IGE Service Co., Ltd. {PLOT 31/32 (B)} Kaung Myanmar Aung Shipping Co., Ltd. {Plot 31/32 (C)}	Under Construction	Fuel
32			
33	Padauk Shwe Wah Petrochemical Co., Ltd. {PLOT 33}	Under Construction	Fuel
34	Myanma Economic Coporation (MEC)	Operation	Ship Breaking Yard
35			
36			
37			

出典: MPA

5.5.1. PPPスキームの港湾管理運営システムへの適用とその進展

PPPスキームは、先進国、開発途上国の双方において港湾セクターに広く適用されている。その背景は次のように整理できる。

インフラ整備に投資できる公共資金の不足

公共部門における非効率な管理運営

急速なインフラ整備・改良及びフレキシブルな管理運営に対する要請

近隣港湾との競争

港湾の整備及び管理運営において、PPPスキームは従来の方式に比して多くの利点を有している。一般国民は、PPPスキームの活用により、官民の資金を活用した急速なインフラ整備及び民間の企業家精神による効率的な管理運営のメリットを受けることができる。政府は、公的資金の節減及び場合によりコンセッション期間終了後のインフラ資産の移転というメリットを期待できる。民間セクターは、ターミナル運営のビジネスチャンスを得ることができるのみならず、公的関与によりビジネスリスクを軽減できるというメリットを期待できる。

5.5.2. 港湾セクターにおける PPP

(1) 港湾管理運営スキームのカテゴリー

世界の港湾において採用されている港湾管理運営スキームは、パブリックサービスポート、ツールポート、ランドロードポート、プライベートサービスポートの4つのカテゴリーに大別できる。

1) パブリックサービスポート

パブリックサービスポートにおいては、マスタープラン作成、インフラ整備（岸壁、用地造成、浚渫、防波堤）スーパーストラクチャー調達（機器、倉庫等）、土地所有、港湾管理、ターミナル運営を含む広範な分野の責任を公共セクターが負っており、民間セクターの関与はない。日本の港湾においては民間セクターが荷役を行っており、純粋なパブリックサービスポートはない。

2) ツールポート

ツールポートにおいては、民間セクターがターミナル運営の責任を負っており、マスタープラン作成、インフラ整備、スーパーストラクチャー調達、土地所有、港湾管理等その他の分野については公共セクターが責任を負っている。地方自治体が管理する日本の港湾においては、ツールポートのスキームが採用されている。

3) ランドロードポート

ランドロードポートは、世界の民営化港湾において広く採用されているスキームである。このスキームでは、公的セクターはマスタープラン作成、土地所有、港湾管理に責任を負うとともに、パターン A においてはインフラ建設も行う。民間セクターは、スーパーストラクチャー調達、ターミナル運営に責任を負うとともに、パターン B においてはインフラ建設も行う。日本の主要コンテナ港湾のコンテナターミナルにおいてはパターン A が採用されている。パターン B は、APMT による東ポートサイドの Suez Canal Container Terminal (SCCT) のフェーズ 2 のように、メガオペレーターが開発するコンテナターミナルにおいて採用事例が増えてきている。

4) プライベートサービスポート

プライベートサービスポートは、パブリックサービスポートの反対の概念で、公的セクターは港湾の整備、管理に関与せず、民間セクターがマスタープラン作成、インフラ整備、スーパーストラクチャー調達、土地所有、港湾管理、ターミナル運営を行う。日本の主要港湾においては公的セクターがマスタープラン作成に責任を負うため、純粋なプライベートサービスポートはない。

(2) 民間参加の形態

港湾分野における民間参加には様々な方法がある。ツールポートの中には、政府と民間企業がマネジメント契約を結び、公共セクターが民間オペレーターに対してマネジメントフィーを支払っている例がある。一方、政府が民間企業に対してターミナルオペレーションの免許を与えているツールポートもある。ランドロードポート（パターン A 及び B）においては、コンセッション契約を結び民間企業が固定のリースフィーおよび収入により変化する変動フィーを政府に支払う方式が適用可能である。この場合、典型的なコンセッション期間は 30 年である。パターン B においては、コンセッション期間の終了後、民間が整備した施設は公共に移管されることが期待できる（BOT 方式）。

(3) アジアの事例

1) インドネシア

インドネシアは 2008 年 4 月に新海運法を制定した。従来、港湾の整備・管理・運営の幅広い機能を持っていた公企業（インドネシア港湾公社 I から IV）は、ターミナルオペレーターの 1 つとして位置づけられ、これによりインドネシアの主要港はパブリックサービスポートからインドネシア運輸省がランドロードの地位を占めるランドロードポートに転換されることとなった。なお、ジャカルタのタンジュンプリオク港の Koja Container Terminal は、1994 年に公企業であるインドネシア港湾公社 II と民間企業の間で締結された協定に基づく JV による運営が行われている。同ターミナルの建設、管理の期間は 1998 年の供用開始から 20 年間とされている。また、民間企業の株式持ち分は後日ハッチンソングループに売却され、現在はインドネシア港湾公社 II とハッチンソングループの持ち分比率は 52.12%対 47.88%となっており、この

比率で利益配分が行われている。

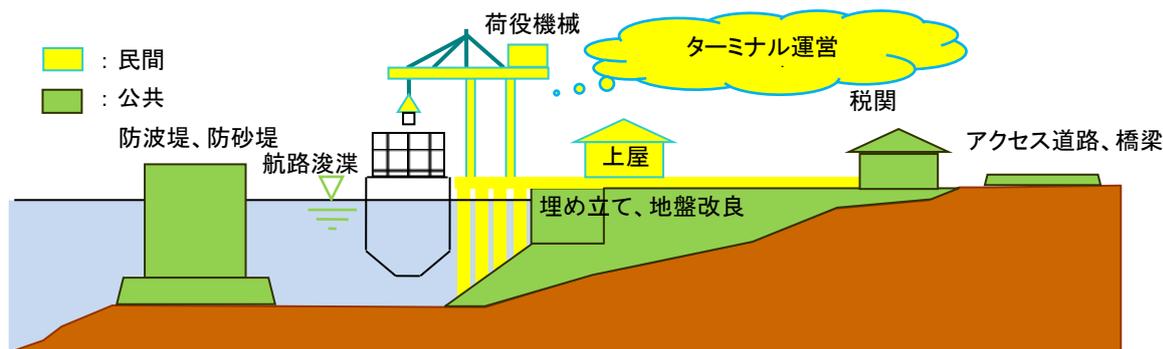
2) ベトナム

ベトナムにおいても、パブリックサービスポートからランドロードポートへの転換が進行中であり、北部のラクフェンや南部のカイメップ・チーバイといった主要な港湾においてコンセッション手続きが進められている。この2港においては、どちらも日本の円借款を利用しているが、異なる PPP スキームによりプロジェクトが進められている（表 5.5-2, 3、図 5.5-1, 2）。大きな違いは、栈橋建設や荷役機械の調達を公共、民間のどちらのセクターが負うかという点である。この点は、財務分析を通じてプロジェクトが公共、民間の双方にとって利益のあるものとする過程で決定されるものである。このようなベトナムの事例は、ミャンマーで採用される PPP 方式の検討に当たってよい参考となる。

表 5.5-2 ベトナムのラクフェン港における PPP スキーム

プロジェクトコンポーネント	施設規模	プロジェクトのコスト及びスケジュール	投資・PPP スキーム	オペレーター
コンテナターミナル	2 バース（延長 750 m、水深 14 m）	1,600 億円（円借款 210 億円） 2013 年建設開始、 2016 年完成	公共（埋め立て、浚渫） 民間（栈橋、荷役機械） 50 年のコンセッション契約（栈橋、荷役機械は、期間後も民間投資家の資産）	ハイフォン・インターナショナル・コンテナターミナル（日本企業とビナライズにより設立された JV）
防波堤	3,230 m		公共	
防砂堤	7,600 m		公共	
アクセス道路	16 km（5 km の橋梁を含む）		公共	

出典：国土交通省



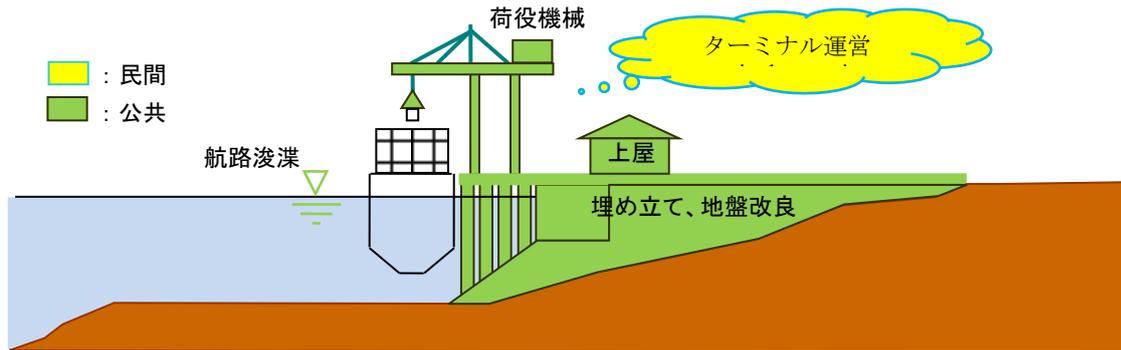
出典：国土交通省

図 5.5-1 ベトナムのラクフェン港における PPP スキーム

表 5.5-3 ベトナムのカイメップ・チーバイ港における PPP スキーム

プロジェクトコンポーネント	施設規模	プロジェクトのコスト及びスケジュール	投資・PPP スキーム	オペレーター
コンテナターミナル	2 バース (延長 600 m、水深 15 m)	360 億円 (円借款) 2008 年建設開始、2013 年完成	公共 (埋め立て、 栈橋、荷役機械) PPP スキームは 現在検討中	民間 (今後決定)
多目的ターミナル	2 バース (延長 600 m、水深 12 m)			
アクセス航路	航路水深 14 m			

出典：国土交通省



出典：国土交通省

図 5.5-2 ベトナムのカイメップコンテナターミナルにおける PPP スキーム

5.5.3. ティラワ地区港における港湾管理システム

(1) 検討すべき PPP スキーム

前述したように、ミャンマーの港湾においては様々な民営化スキームが採用されている。1 つはティラワ地区の MITT において採用された BOT 方式であり、もう 1 つは本港の Bo Aung Gyaw Terminal で採用された売却方式である。さらに、本港の Sule Pagoda Terminal の改良プロジェクトでは、MPA と民間企業の JV によるターミナル運営が予定されているほか、ティラワ地区においても、民間企業に売却済みの Plot がある。ミャンマーの将来の経済発展を支えるうえで、ミャンマー政府としてティラワ地区における十分な貨物取扱能力を確保しておくことが不可欠である。Plot が民間企業に売却された場合、政府は水際線を輸送以外の用途に転換することを防ぐことができなくなる懸念がある。一方、政府と民間セクターは BOT スキームや JV 方式においてウイン・ウインの関係を構築することが可能である (表 5.5-4)。この観点から、ミャンマー政府は調査対象プロットの土地所有権を保持していくことが望ましい。

表 5.5-4 ミャンマーにおける港湾民営化スキーム

ターミナル	民営化スキーム	利点		欠点	
		政府にとって	民間セクターにとって	政府にとって	民間セクターにとって
MITT, AWPT, MIP	BOT (契約期間はそれぞれ異なる)	土地所有権の保持、リースフィー収入、企業家精神による効率的オペレーション	貨物量に応じた段階投資		
Bo Aung Gyaw	売却	売却収入、政府資金は不要、公的セクターの労働者減、企業家精神による効率的オペレーション	ターミナル運営を完全にコントロールできる、政府からの干渉を受けない	土地所有権とターミナル運営コントロールの喪失、将来のターミナル収入はゼロ	ターミナル購入のため、一時に大きな出費
Sule Pagoda Terminal No. 1, 2, 3, 4 (予定)	JV (MPA と民間企業)	土地所有権の保持、リースフィー収入、ターミナル運営収入、企業家精神による効率的オペレーション	政府機関と JV を結成することにより、法令変更などの政治リスクを軽減できる		

出典: ターミナルオペレーターからのヒアリング等に基づき調査団作成

ミャンマーの既存の BOT ターミナルにおいては政府資金の投入はされていないが、政府がインフラストラクチャーやスーパーストラクチャーの整備費用を負担すれば民間のビジネスリスクを軽減することができる。この観点において開発途上国の政府を支援するため、日本政府は前節で例示したような港湾開発案件に対して円借款を供与してきている。これらの事例において、開発途上国政府は譲許性の高い条件の円借款を活用してインフラストラクチャーやスーパーストラクチャーの整備費用を負担している。このスキームは、大規模な開発費用を要するとともに民間セクターにとって中程度のビジネスリスクを伴うプロジェクトに適している。本スキームでは、プロジェクトコンポーネントの官民分担の度合いによりさまざまなバリエーションがあり、表 5.6-5 に示した基本ケース以外にも種々の切り分け方が考えられる。また、ケース 1、2 は、コンセッション契約期間の終了後の民間投資資産の所有権のあり方により、さらに二つのサブケースに分類される。最適な PPP スキームは、これらのケースの財務分析を通じて明らかにする必要がある。なお、2013 年 2 月現在、日本側とミャンマー側の協議の結果、ケース 4 による役割分担に基づき円借款を供与する方向で検討が進んでいる。

表 5.5-5 コンテナターミナルの PPP スキームに関するバリエーション

ケース	公共負担のコンポーネント	民間負担のコンポーネント	ODA ローン	事例	ケース1に比して優れている点
ケース 1	なし	埋め立て、地盤改良、棧橋、荷役機械、舗装	なし	MITT, AWPT, MIP Sule Pagoda (予定)	
ケース 2	埋め立て、地盤改良	棧橋、荷役機械、舗装	円借款	ラクフェン (ベトナム)	<ul style="list-style-type: none"> ● 低金利資金の導入によるターミナル料金の低減 ● 民間セクターのビジネスリスクの軽減
ケース 3	埋め立て、地盤改良、棧橋、岸壁クレーン、RTG、舗装、建物	ヤード荷役機械	円借款	カイメップ (ベトナム)	<ul style="list-style-type: none"> ● 低金利資金の導入によるターミナル料金の低減 ● 民間セクターのビジネスリスクの軽減
ケース 4	埋め立て、地盤改良、棧橋、岸壁クレーン、RTG、ヤード荷役機械、舗装、建物		円借款		<ul style="list-style-type: none"> ● 建設工事、機器設置のタイミングの調整が容易

出典：調査団作成

(2) Sule Pagoda Terminal 改良プロジェクトにおけるオペレーター選定事例

本ターミナルの整備、運営を PPP により進めるにあたって参考となるのは、現在 MPA と民間企業の JV を念頭に入札手続きが進行中のヤンゴン港の Sule Pagoda Terminal の改良プロジェクト（図 5.5-3 参照）である。なお、港湾管理者と民間企業の JV によるターミナル運営は、インドネシアのタンジュンプリオク港 Koja Container Terminal の例がある方式である（5.5.2 (3) 参照）。Sule Pagoda Terminal 改良プロジェクトにおけるコンセショネアの選定手続きは以下の通り。2013 年 1 月現在下記 f) の手続きに入っており、順位第 1 位の者が必要書類を提出できなかったため、第 2 位の者との交渉が行われている。なお、MITT の場合にはこのような手続きにはよっていない。BOT 契約締結の 1996 年当時にはミャンマーへの外国投資が稀であったため、外国投資家（ハチソングループ）からミャンマー政府への提案を受けて、契約が結ばれている。

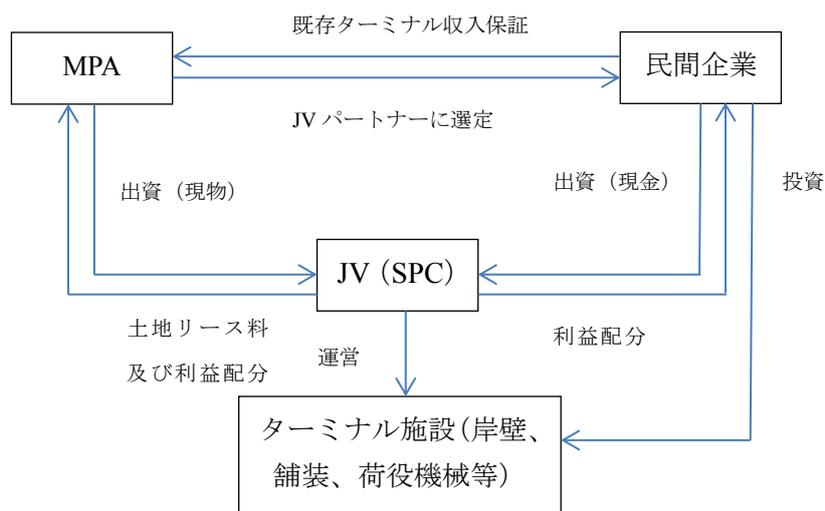
- a) 開札の 2 か月前に新聞に入札公告
- b) 国内投資家、外国投資家とも参加可能
- c) 応札者、メディア立会いの下開札
- d) 入札評価委員会で予め応札者に通知した基準に従い審査して上位 3 社を決定（委員長：

運輸省副大臣、委員：造船所総裁、MPA 総裁、民間航空局総裁、MPA ジェネラルマネージャー、MPA 部長、MPA 次席土木技術者)

- e) 審査結果を運輸省の管理委員会 (Management Committee) に提出
- f) 審査結果の上位者から順番に契約交渉 (会社概要、財務諸表、建築設計などの提出を求める)。合意に達したのち、司法長官が契約内容を確認し、ミャンマー投資委員会が承認する。

応札者の評価基準として、以下の項目が採用されている。

- a) 書類及び入札保証の不備がないこと
- b) JV 出資比率 (MPA の比率が高いほど評価が高い)
- c) 民間企業の投資額 (多いほど評価が高い)
- d) 土地貸付料 (多いほど評価が高い)



出典：調査団作成

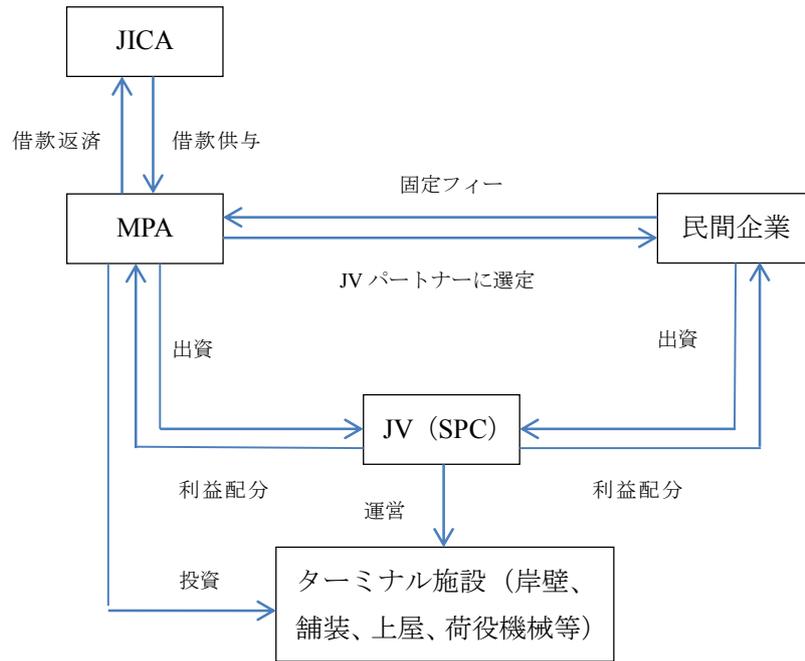
図 5.5-3 Sule Pagoda Terminal 改良プロジェクトの官民連携

(3) ティラワ地区港緊急整備計画における官民連携及びオペレーターを選定

Sule Pagoda Terminal の改良プロジェクト及びティラワ地区港緊急整備計画はどちらも MPA と民間企業の JV による運営が想定される。前者では民間企業が岸壁、舗装、荷役機械を整備 (表 5.5-5 のケース 1) し、MPA は定額の土地貸付料及び現在のターミナル収入が保証される方式であるため、MPA の負うリスクは小さいのに対し、ケース 4 を想定するティラワ地区港緊急整備計画では、MPA が円借款の元利支払いを確実にできるよう担保する必要がある。また、Sule Pagoda Terminal は現在供用中の施設であり MPA が収入を得ているが、ティラワ地区港緊急整備計画は新港開発であり MPA は収入を得ていないという違いがある。したがって、ティ

ラワ地区港緊急整備計画の官民連携において留意すべき事項は次のようなものがある。

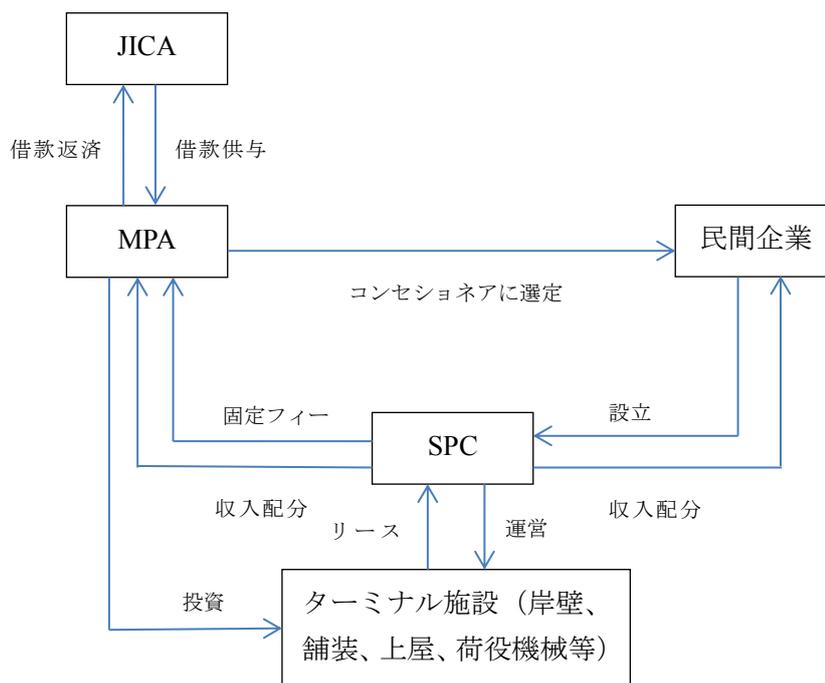
- a) JV の契約期間は、円借款の償還年数（10 年据え置き、40 年償還）と合致するよう 40 年に設定する。
- b) コンセションフィーを（固定フィー）＋（変動フィー）により構成し、固定フィーは財務計算から得られる円借款の元利支払いを賄える金額により設定して、オペレーター選定にあたっての与件とする。なお、建設期間中及び一般的に需要が少ない供用開始直後は低く抑える配慮が必要である。変動フィーは JV の経営努力にインセンティブを与えるため、出資割合に基づくプロフィットシェアとする（図 5.5-4）。固定フィーの支払いは、Sule Pagoda Terminal の事例同様 SPC からの支払いとしてある。
- c) オペレーター（JV パートナー）の評価基準として次のような項目を採用する。
 - 財務的健全性
 - ターミナル運営の経験
 - ターミナル運営計画の妥当性
 - 1) 需要見積もり
 - 2) 収支見積もり
 - 3) 集荷計画
 - 4) 陸送計画
 - 5) 要員計画
 - 6) ターミナルオペレーションシステム
 - 変動フィーの見積もり額



出典：調査団作成

図 5.5-4 ティラワ地区港緊急整備計画における官民連携パターン (JV 方式案)

なお、JV 方式ではなく民間企業に直接施設及び機器をリースし、ターミナル運営のコンセッションを与える方法も考えられる。この場合もコンセッション期間は、円借款の償還年数（10年据え置き、40年償還）と合致するよう40年に設定する。コンセッションフィーを（固定フィー）+（変動フィー）により構成し、固定フィーは財務計算から得られる円借款の元利支払いを賄える金額により設定して、オペレーター選定にあたっての与件とする。なお、建設期間中及び一般的に需要が少ない供用開始直後は低く抑える配慮が必要である。変動フィーについては、リース方式の場合ターミナル運営コストのチェックをMPAが行うことが困難となるため、MPAにとっては利益配分ではなく収入配分とすることが望ましいが、民間企業にとって需要下振れの場合のリスクは大きくなる。



出典：調査団作成

図 5.5-5 ティラワ地区港緊急整備計画における官民連携パターン（リース方式案）

5.5.4. ティラワ地区港湾開発への官民連携の検討

(1) 初期リスクの軽減

開発途上国における港湾ターミナルの開発、運営には様々なリスクがあり、外国投資を奨励するためには、プロジェクトの初期におけるリスクの軽減が非常に重要である。ティラワ地区港湾開発に関する経済社会条件に鑑み、調査団は主なリスクを明らかにし、その軽減策を提案する（表 5.5-6）。

表 5.5-6 ティラワ地区の PPP ターミナルにおける民間セクターのリスク軽減策

リスク	軽減策	備考
ターミナル運営の初期における貨物量不足	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 初期における固定フィーの割引による契約当事者間でのリスク分担 ✓ SEZ の着実な開発とそれによる貨物の発生 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 貨物量が一定水準に達するまではどんなオペレーターも利益を上げることはできない ✓ SEZ 開発とのコーディネーションが必要
MITT のコンセション契約における競争制限条項の発動	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ティラワ地区における貨物需要の緊密なモニタリング 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 競争制限条項の発動条件は MITT ターミナルに設置されるガントリークレーンの基数により変動する
他のターミナルとの競争に起因する貨物取扱料金の値引き	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 高質な物流サービスの提供 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ オペレーターは、自社トラックにより背後圏への内陸輸送を提供している MITT との競争にさらされる

近隣地区における競合ターミナルの開発	<ul style="list-style-type: none"> ✓ コンセション契約において新コンテナターミナル開発に関する第一先買権を規定 ✓ コンセション契約において競争制限条項を規定 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 近隣地区における過剰なターミナル整備は PPP ターミナルの財務的健全性に悪影響を与える ✓ MITT のコンセション契約における競争制限条項との整合性が必要
民営化ターミナルに対する不公平な取扱い	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 全てのターミナルに対する MPA の公平な取扱い 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 外国船社に対してはドル建て料金が適用されているのに対し、ミャンマーの海運会社には Kyat 建ての料金が適用されている
政府による港湾インフラ開発の遅延	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 政府が分担するコンポーネントに対する確実な資金源の確保 ✓ コンセショネアがこうむる損失の補償 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 円借款は確実な資金源となりうる
不十分な維持浚渫に起因する所要水深不足	<ul style="list-style-type: none"> ✓ MPA による着実な維持浚渫の公約 	
政府による関連インフラ（道路、鉄道、電力、水、SEZ）整備の遅延	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 政府による関連インフラ整備の公約 	
経済発展の減速	<ul style="list-style-type: none"> ✓ SEZ の着実な開発と貨物の発生 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ SEZ 開発とのコーディネーションが必要
政治リスク (例) <ul style="list-style-type: none"> ✓ 法令変更 ✓ 外国為替の制限 ✓ 海外送金の禁止 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ コンセション契約において適切なリスク分担スキームを規定 ✓ コンセション契約において不可抗力やそれに伴う契約変更を規定 ✓ 政府機関との JV の設立 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 2012 年 11 月、新外国投資法が成立

出典：調査団作成

(2) PPP 事業主体の設立

ミャンマーにおいて港湾関連の PPP 事業を開始するにあたって、外国投資家は現地に登記された会社を設立しなければならない。ミャンマーにおいて会社を設立するには以下の 2 つの方法がある¹。

(3) 外国投資法に基づく設立²³

外国投資家は外国投資法に基づき会社を設立することができる。この場合、外国投資家はミャンマー投資委員会（MIC）に投資許可を求めるとともに、国家計画経済開発省から事業許可を得る必要がある。外国資本の出資比率は新法では 99%まで可能である。100%外資による会社の設立は 1988 年制定の旧外国投資法では制限なく認められていたが、新外国投資法では MIC が認める分野でのみ可能とされた。また、新法では旧法にはなかった規定として「民族の伝統文化、習慣に影響を与える事業」や「資源、環境、生態系に影響を与える事業」などの外資参

¹ Myanmar Business Guidebook (2011-2012), JCCY/JETRO Yangon Office

² JETRO ウェブサイト 世界のビジネスニュース 2012 年 11 月 8 日ヤンゴン事務所

³ ダイヤモンドオンライン ミャンマーその投資ブームは本物か 2012 年 11 月 8 日杉田浩一

入規制業種が定められた。外国投資法に基づき設立された会社は、法人所得税免除の優遇措置を受けることができ、その期間は、旧法における事業開始後3年間から新法では5年間に拡充された。旧法では事実上不可能であった Kyat をドルに換算しての外国送金も新法下では可能となった。

一方、旧法下では具体的規定がなかったミャンマー人雇用義務が課せられたことは、外国投資の奨励上はマイナスとなる可能性がある。具体的には、会社設立後2年以内、4年以内、6年以内に、ミャンマー人労働者をそれぞれ25%、50%、75%以上とすることが求められる。また、非熟練労働者の雇用はミャンマー人に限定される。

(4) 会社法に基づく設立

外国投資家は、会社法に基づき MIC の許可なしに会社を設立できる。この場合、法人所得税免除などの優遇措置を受けることはできない。会社法では、事業分野ごとに最低資本金を定めている。

5.6. 港湾保安対策

5.6.1. 設計方針

(1) 基本方針

ターミナルの保安を確保するために、制限区域の場周をフェンスで囲い、ゲートにて出入り管理を行うものとする。制限区域内外の監視においては、保安要員による人的監視及びカメラを使用しての機械的監視を行う。さらに情報伝達や電源のバックアップ等のシステムも考慮して機材整備計画を立てる。

機材の性能については、各機材が設置場所に応じて要求される役割を十分果たせるような仕様を考慮する。

(2) 基本計画

設計の基本方針に対応する保安機材は以下の通りである。

表 5.6-1 設計方針と保安機材

	強制用件	対応保安機材
1	港湾施設への出入りの制限	フェンス、ゲート
2	港湾施設への出入りの監視	CCTV カメラ監視システム
3	港湾施設の監視	CCTV カメラ監視システム
4	制限区域への不審者(車)の侵入監視	CCTV カメラ監視システム
5	場内緊急通信の確保	場内放送設備
6	停電時の監視機能の確保、データ保持	無停電電源装置 (UPS)、非常用電源装置
7	コンテナ貨物の検査	X 線検査装置

出典：調査団作成

テロ対策を中心的課題として港湾保安計画に示される保安を確保するために必要な機材として、上記要件を踏まえた整備機材としての絞り込みを行い、以下に述べる機材の選定を行った。

1) フェンス、ゲート

フェンスによって制限区域を囲い、当該施設の保安を確保する上で立ち入る必要性のある者と無い者の入場を管理する区域を明確にする。入場の必要のあるものは、出入り口として示されたゲートから入退場を行う。

フェンス及びゲートには外向きの忍び返し及び有刺鉄線を設置し、不審者の侵入への心理的抑圧効果及び侵入遅延効果対策とする。

2) CCTV カメラ監視システム

CCTV はターミナルの場周に中距離視程の旋回型のカメラを設置する。また、コンテナゲート及び人、車両用のゲートにはそれぞれ近距離視程の固定式 CCTV を設置する。

ヤード内はコンテナが積まれることによって多くの死角が出来るため全てを監視することが出来ず、制限区域の場周をフェンスに沿って CCTV で監視することによってフェンスからの侵入者や不審者を監視し、制限区域内の保安を確保することを監視方針とする。旋回型 CCTV の場合カメラの旋回やズームアップにより、必要な映像の入手が可能である。一方固定式 CCTV は車両及び運転手の入退場時の監視を行う。なお、場内の監視は、警備員の巡回による。

場周に設置する旋回式 CCTV は制限区域境界フェンスの内側に設置する。固定式 CCTV はそれぞれのコンテナゲート及びコンテナ以外の車両や人が入場するゲートを監視できる場所に設置する。

モニタ監視制御設備は信号伝送変換器によって電送された複数台の CCTV カメラの映像・制御信号をデジタル化し、モニタディスプレイに関し映像を選択表示する。また、一定期間の CCTV カメラの画像を録画できる映像記録装置を設置する。

3) 照明設備

制限区域の場周及びゲート部に設置する。照度は、監視カメラの被写体照度が確保でき、かつ監視員が異常の有無を確認できる明るさとする。場周を明るくすることによる侵入者への心理的抑圧効果も期待できる。

4) 放送設備

制限区域内の人々及び停泊中の船舶に、音声によって一斉に緊急放送が出来るように設置する。スピーカーは、場内照明灯や保安照明のポールに取り付けることも可能である。

5) 無停電電源装置 (UPS)

突然の停電時においても機械監視を継続できるようにするために UPS を設置し、CCTV やモニタ、映像記録装置などに電源を供給する。

6) 非常用電源装置 (発電機)

停電時において、UPS の供給限界前に CCTV やモニタ、映像記録装置などに電源を供給する。停電発生時に自動的に起動し、復電信号で自動的に停止する機能を備えた自動起動盤を装備する。

7) X線検査装置

「ミ」国においては直接テロに晒される可能性は低いと思われるが、「ミ」国を經由して危険国への大量破壊兵器等の物品の不正輸出や、欧米諸国等をねらったテロが発生する可能性は否定できない。従って、コンテナ用 X線検査装置を導入し、税関における保安を向上させることにより保安体制が強化され、同国がテロの温床となる可能性が低減し、国内の治安が維持されることが期待される。

(3) 必要性能と標準仕様

1) フェンス、ゲート

フェンスは境界を識別するとともに入場の不用な人物の侵入を阻む役割がある。侵入を阻む要件としては、その構造や周囲の環境による心理的抑圧効果が考えられる。また、侵入に対する遅延効果は、フェンスの構造によって対処する。

必要性能：

- 一定の高さを持つこと。
- 忍び返し及び有刺鉄線の設置
- フェンスの網目サイズを一定以下にすること。

- 侵入を手助けする電柱や樹木などをフェンス近傍に設置しないこと。(クリアゾーンの確保)

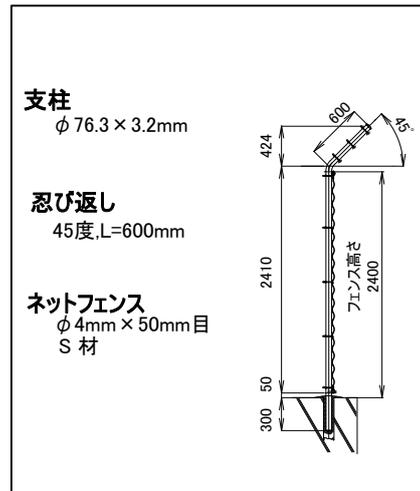
標準仕様：

フェンスの仕様は、日本の仕様及び、米国沿岸警備隊太平洋部隊を参考として以下とする。

- フェンスの高さは2,400mm、忍び返しの長さ450mmとする。
- 忍び返し部分に有刺鉄線を3条設置する。
- フェンスの網目は容易に足をかけられないように53mm以下とする。
- フェンスの鉄線の径3.2mm以上（被覆線の場合は、被覆の厚みを除く）とする。

ゲートの仕様はフェンスに準じる。

なお、格子式のフェンスを採用する場合は、幅を50mm以下、横梁を内側に設置することにより足がかからないようにする。



出典：(社)日本港湾協会

図 5.6-1 フェンス

2) CCTV カメラ監視システム

CCTV カメラを制限区域場周とゲートに設置することによって、侵入に対する心理的抑圧効果をもたらすとともに侵入に対する工作、侵入行為を発見する。

必要性能：

- 制限区域境界のすべての場所を監視できること。
- 自動巡回監視機能が備わっていること。
- 保安照明との組み合わせで、夜間黒色の衣服をまとった不審者の具体的行為

を特定できること。

- 不審者の行為を十分追跡できる回転速度であること。(回転式カメラ)
- 落雷、雨滴対策がされていること。
- カメラの映像を一定期間録画できること。

標準仕様：

- 岸壁部、境界部、ヤード内が監視可能なように回転範囲は 360 度とする。
- プリセット機能を有し、回転速度は水平 180° /秒以上、垂直 60 ° /秒以上を目安とする。手動操作時の回転速度は、走っている人間が追跡出来る速度とする。
- 夜間の水平照度 3 lux において最大距離で黒衣の人物の動作が確認できるカメラ、レンズとする。
- カラーカメラとする。
- モニタは 20 インチ以上とする。風雨、湿度、温度変化を考慮し、ワイパー、デフロスタ等の視界確保のための装置がついているか、取付けられる構造とする。
- 耐雷対策をとり、被雷に十分な配慮をする。
- 映像記録装置は、全てのカメラを主たる仕向地への輸送期間+1 週間以上記録できる容量とする。
- 場周に設置する回転式 CCTV は、制限区域境界フェンスの内側 1.0~1.5m とする。



図 5.6-2 回転式カメラ

3) 照明設備

制限区域場周を照らすことによって、侵入者に対する心理的抑止効果と、監視カメラや人的

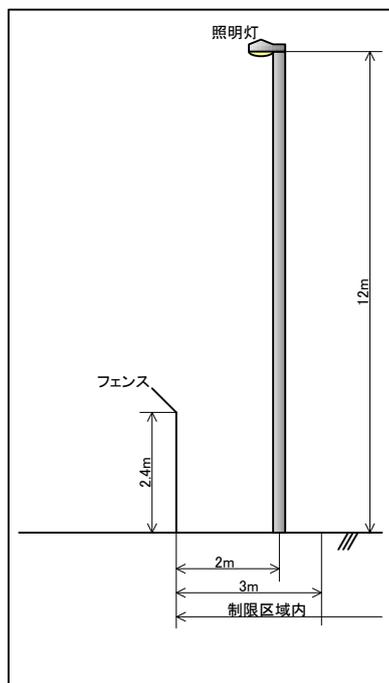
警備（巡回）の照度を確保する。従って、保安照明は制限区域内のフェンス沿いに、外向きに設置する。

必要性能：

- 監視カメラ及び巡回警備員が不審者を視認できる照度であること。
- 監視カメラの画角内に光源が入らない高さであること。
- 停電時にも監視カメラの映像を確保できる照度を確保できるように非常電源を持つこと。
- ゲートにおいては身分証明書等が確認できる照度を確保すること。

標準仕様：

- 水平照度 3 lux を保てる配置とする。
- 照明の高さは 10m～12m を標準とする。
- 停電時は発電機から電源が供給されるようにする。
- ゲートの照度は、30 lux～50 lux を確保する。



出典：(社)日本港湾協会

図 5.6-3 照明灯

4) 放送設備

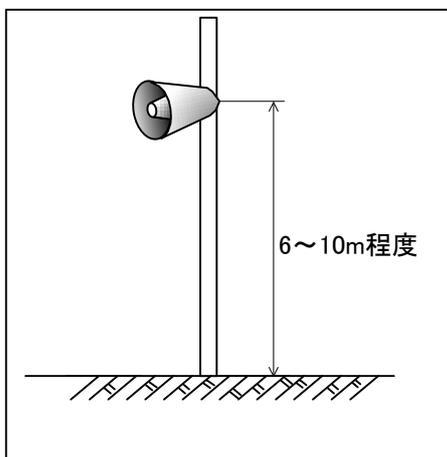
制限区域内において緊急放送が行えるように放送設備（スピーカー）を設置する。

必要性能：

- 制限区域内の全ての場所において一斉放送が聞こえること。
- 係留中の船舶のブリッジにおいて一斉放送が聞こえること。

標準仕様：

- 制限区域内は 75db を確保できるようにスピーカーを配置する。（日本の消防用設置基準による）
- 係留船舶のブリッジでは 85db を確保できるようにする。
- スピーカーは場内照明、保安照明、監視カメラ等の支柱に設置することを基本とする。



出典：(社)日本港湾協会

図 5.6-4 放送設備仕様

5) 無停電電源設備 (UPS)

突然の停電時にも CCTV 監視システムが働くように UPS を備える。

必要性能：

- システムの発電機への切り替え、いざというときの連絡、待避等が十分行える時間の間給電できる性能であること。

標準仕様：

- 定格出力は 10KVA とし、電力供給時間は 10 分以上とする。

a) 非常用電源装置 (発電機)

UPS は停電発生時のみに電力を供給できる装置であり、長時間には対応できない。そこで UPS と発電機を組み合わせることで給電維持を行う。発電機は長時間電源供給のバックアップが出来る

るものの、起動には時間がかかるので、その間 UPS が無遮断で給電を維持する。

必要性能：

- UPS が発電機の負荷になるために、それを含めて十分な容量のものを整備すること。

標準仕様：

- 現場に設置する UPS、保安照明、監視システム等の負荷を考慮し出力 25KVA 以上とする。
- 停電の発生原因の究明、対処、避難等の時間を考え、2 時間以上連続運転が可能な燃料タンクの容量を有する。
- 自動切換器の停電電信号で自動始動し、復電信号で自動停止する。

6) X 線検査装置

X 線検査装置を用いてコンテナ貨物を非破壊検査（透視検査）する事によって貨物の安全性を担保する。また、これにより時間あたりに検査できる貨物量が増加し、保税倉庫に蔵置する期間が短縮される。

必要性能

- 330mm 以上ある物質を突き抜ける、透過能力があること

標準仕様

- X 線エネルギー 4~6 MeV とする。

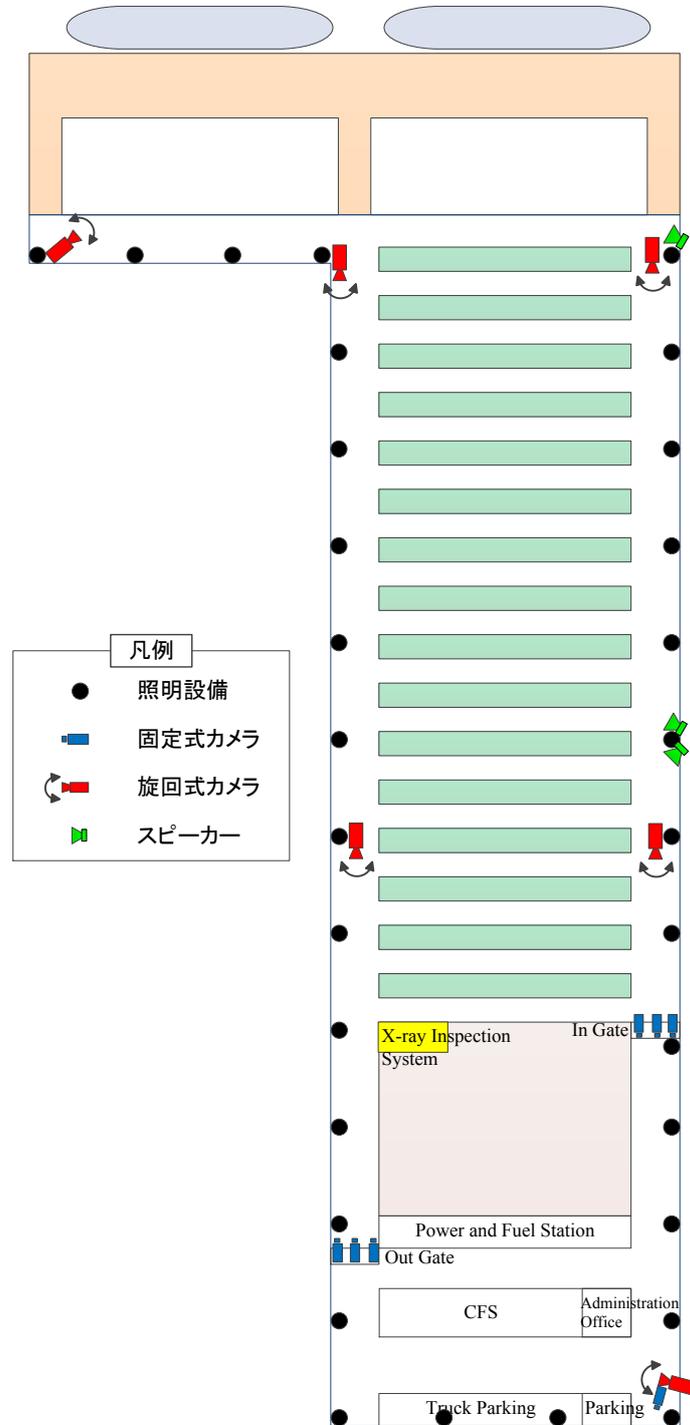


図 5.6-5 大型及び移動式中型 X 線検査装置

5.6.2. 機材配置計画

(1) 配置計画

ティラワ地区整備計画における保安機材の配置計画（案）を以下に示す。



出典：調査団作成

図 5.6-6 保安機材配置計画（案）

1) CCTV カメラ

CCTV カメラを制限区域場周部に設置し、フェンスや岸壁からの不正侵入を監視する。基本的な設置の考え方を表 5.6-2 に示す。この配置方針に沿ってフェンス沿いに死角が出来ないようにカメラを配置する。岸壁上にカメラを設置すると、舳い網等の邪魔になる可能性があるため、岸壁監視は図 5.6-6 左上のカメラにて監視する。コンテナゲート及び一般車両・人の入場ゲートには固定カメラを設置する。

カメラの設置位置はフェンスから 1.5~2m 離すものとする。モニタ室より遠隔操作によってカメラが作動する範囲で任意の場所が監視でき、侵入者を早期に発見し、警告を発し、侵入の抑止または撤退効果を得る。また、映像は仕向地への輸送期間+1 週間程度を考え、2 週間程度記録できる様にする。

表 5.6-2 監視カメラの配置の考え方

監視場所	目的	設置条件
岸壁	<ul style="list-style-type: none"> 岸壁からの不正侵入の監視 不審者の具体的行為を特定 	<ul style="list-style-type: none"> エプロンの見通しが利き、本船への不正アクセスを監視できること 保守性、振動及びカメラへの妨害工作、盗難等を考慮し、場所及び高さを決定する 岸壁際に設置する場合は、荷役や舳いの邪魔にならないところに設置する
境界	<ul style="list-style-type: none"> 境界からの侵入、フェンス等への工作を監視 不審者の具体的行為を特定 	<ul style="list-style-type: none"> 制限区域内を監視 境界全体を監視 保守性、振動及びカメラへの妨害工作、盗難等を考慮し、高さを決定する
ゲート	<ul style="list-style-type: none"> 人、車両物の出入記録 不審者の具体的行為を特定 	<ul style="list-style-type: none"> ドライバーの顔及び車両番号が見える位置に設置する 基本的に、ゲートハウスまたは門柱に設置する

出典：調査団作成

2) CCTV カメラ用モニタ

1 台のモニタに多数のカメラを割り当てるとそれぞれの画像が小さくなり見にくくなる。従って、日本国内の一般的な仕様と同様に 1 台のモニタで 4 台のカメラ画像を見るようにする。またそれとは別にズームアップ用のモニタ 1 台を用意する。

3) 照明設備

制限区域の内外の監視のために十分な照度 (3 lux 程度) が確保出来る様に設置する。目視及び CCTV カメラによる監視を可能とする照度を確保する事によって侵入抑止の心理的効果も得られる。

4) 放送設備

非常時に制限区域内の要員や係留中の船舶へ回避や避難等の連絡、指示等を行ったり、不正侵入者に警告を発したりする為にスピーカシステムを設置する。スピーカーは場内照明や保安照明、監視カメラなどに取り付ける。

5) 監視室

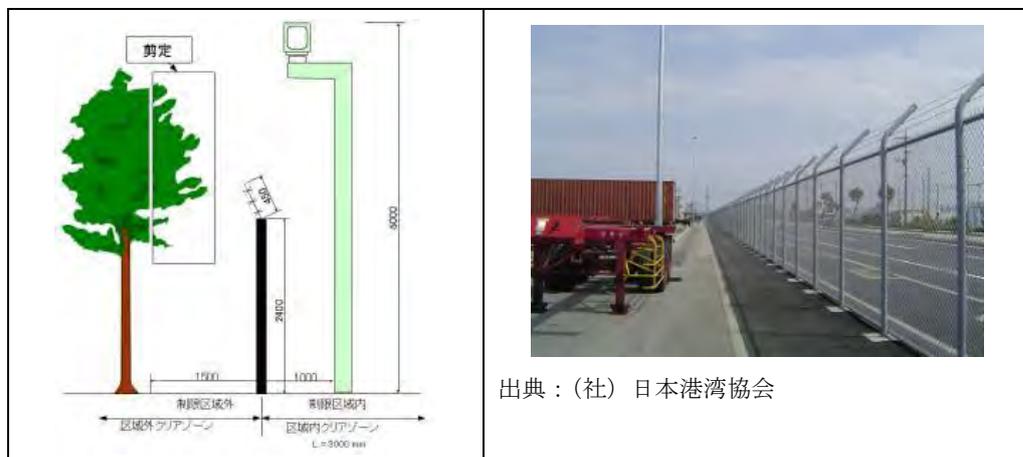
CCTV カメラ用モニタを設置し、24 時間常時監視できるようにする。また、映像記録装置により、カメラ画像を録画する。緊急事態発生時に場内へ一斉放送による注意喚起が出来る様にマイクを設置する。保安担当者や外部へ連絡するための固定電話や情報収集のためのテレビを設置する事が望ましい。なお、監視室はCFS に隣接する事務所内に設置する。

表 5.6-3 機材配置計画

機材	仕様	単位	数量	備考
CCTV カメラ (屋外用回転式)	視程 350m	台	6	
CCTV カメラ (屋外用固定式)	視程 50m	台	7	
CCTV カメラ用モニタ	20 インチ以上	台	5	
映像記録装置		台	1	
照明設備		台	31	
放送設備		台	3	
コンテナ用 X 線検査装置		台	1	
無停電電源装置 (UPS)	10KVA	台	1	
非常用電源装置 (発電機)	25KVA	台	1	

6) クリアゾーン

不正な侵入の早期発見のためにフェンスの前後一定幅をクリアゾーンとしてスペースを空ける。カメラによる境界監視の遮蔽・視角の排除及び外周巡回監視時の見通しを確保するとともに、侵入の際にフェンス際にあるものを利用されることを防ぐ。



出典：(社) 日本港湾協会

図 5.6-7 クリアゾーン

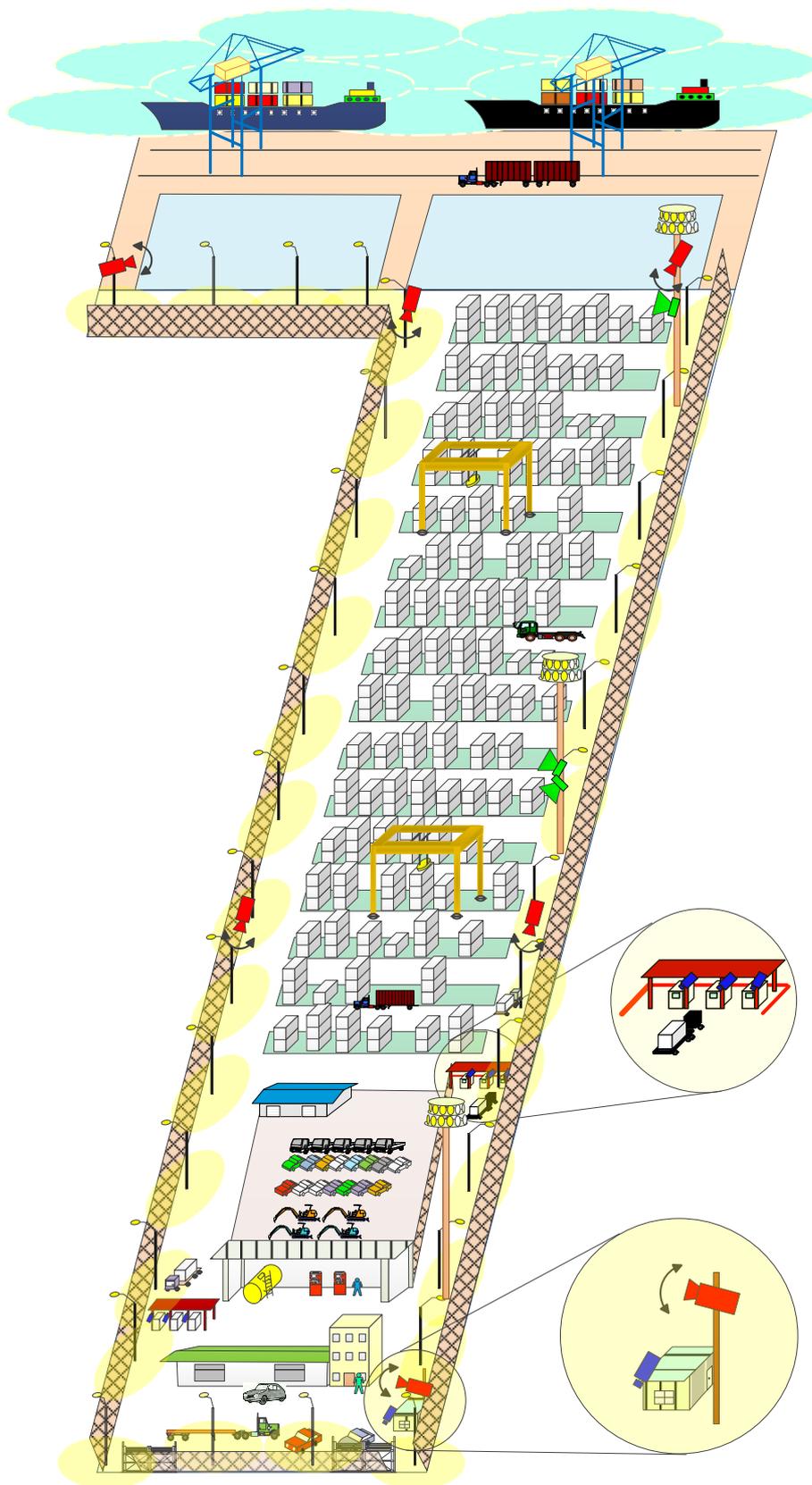


図 5.6-8 保安機材配置イメージ (案)

(2) 保守点検

制限区域内のフェンス、保安照明設備、監視装置、通信設備、情報ボックス、受変電・非常用電源設備を対象とし、以下の表に概要を示す。

表 5.6-4 保守点検項目

保安設備名称	点検品目	日常点検	定期点検
フェンス・ゲート	フェンス・ゲート	巡回時に目視にて確認	定期点検 1回/月実施 目視確認、実際に揺らしてみたり取り付け金具等の緩みが無いか確認、必要に応じて補修・補強・取り替え
保安照明設備	照明灯	夜間不点灯の有無を巡回時に確認	定期点検 1回/年実施（全点検査） ・灯具の取り付け部や灯具外観の不良の有無を確認 ・清掃、調整、動作確認 ・給電線やスイッチボックスを確認する
監視装置	カメラ モニタ	映像の鮮明さが確保できているか確認 雲台(カメラを載せる回転部の台)の動作範囲の確認	メーカー定期点検保守 1回/年 ・清掃、消耗品の交換、測定、調整、動作確認
通信設備	放送設備 無線機、電話	日常の使用において動作を確認	メーカー定期点検保守 1回/年 ・清掃、消耗品の交換、測定、調整、動作確認
情報ボックス	通信機器 サーバー 端末 その他	日常の使用において動作を確認	メーカー定期点検保守 1回/年 ・清掃、消耗品の交換、測定、調整、動作確認
受変電・非常用電源	分電盤	1回/月 動作確認、外観(損傷、発錆、変色、変形)確認、 接触部の異常確認、異音異臭発生の有無などを点検	1回/年実施（全点検査） 機構部のグリスアップ・給油裏面配線などの損傷、変色、断線、端子の緩みなどを点検

出典：調査団作成

5.6.3. 港湾保安実施計画

(1) 出入り管理

本ターミナルにおける出入り管理は以下の通りとする。

- 本ターミナルに出入りしようとする全ての者に対し、保安レベルに応じて警備員による出

入管理を行う。

- 出入管理を受けることを拒む者、非協力的な者、出入管理に合格できない者は本施設への出入を許可しない。
- 本施設内に滞在する間は、すべての人に対し ID カード、ビジターカードを提示させる。ビジターカードを所有する者は、退場時にカードを返却し、退場時間を記入する。
- 車両には車両通行許可証を提携させる
- 出入管理は、以下の確認行為により構成する。
- 身分確認、目的確認、予約確認、荷物検査、車両検査

(2) 制限区域内の監視

制限区域内の、警備員による監視は以下の通りとする。なお、巡回員は毎回コースを変えて、不定期の時間にパトロールを実施する。

表 5.6-5 警備項目

監視員	監視場所	監視方法	監視項目
モニタ監視員	モニタ室	監視員がモニタを常時監視	<ul style="list-style-type: none"> ・境界監視：フェンス全周内外における不審者、不審物の有無 ・出入口：出入口付近における不審者、不審物の有無 ・ヤード内：一時立ち入り者の不審な行動の有無 ・前面水域：不審船、不審物の有無 ・蔵置貨物：不審な接近の有無
立哨	ゲート	立哨位置からの目視による監視	<ul style="list-style-type: none"> ・フェンスの破損、破壊の有無 ・フェンス周辺部における不審者、不審物、不審車両の有無 ・ヤード内：一時立ち入り者の不審な行動の有無
巡回	制限区域内を巡回	目視による監視	<ul style="list-style-type: none"> ・フェンスの破損、破壊の有無 ・フェンス周辺部の不審者、不審物、不審車両の有無 ・ヤード内：一時立ち入り者の不審な行動の有無 ・前面水域：不審船、不審物の有無 ・蔵置貨物：不審な接近の有無、整然と置かれているか

出典：調査団作成

(3) 貨物管理

本ターミナルにおいて、貨物の管理手順を規定する事により、以下の事項を達成する

- 危害行為に供する不正な物品が制限区域内へ持ち込まれることの防止
- 船積みまでの間、施設内で一時的に蔵置している貨物等への不正な物品等の侵入の防止
- 船舶に積み込む貨物等の最終管理

-

貨物は以下の4種類に分類し、それぞれの手順書を各保安レベルに応じて具体的に決める。

- コンテナ
- コンテナ以外の貨物
- 船用品
- 手荷物

(4) 教育訓練

ISPS コードにおいては、基本訓練は少なくとも3ヶ月に1回、総合訓練は毎年1回かつ18ヶ月を越えない間隔で行うものとなっている。従って、以下の内容等の訓練を実施する。

1) 基本訓練

訓練の内容として以下のものが考えられる

- 保安レベルが上がったときの保安措置移行手順の確認
- 埠頭保安管理者・警備員間の通信方法の確認
- 国際航海船舶及びDMAとの通信方法の確認
- 警察、消防等関係機関への通報方法の確認
- 埠頭施設内の人々の避難誘導方法の確認
- 脅迫電話を受けた際の対応方法の確認等

これらの手順を2人1組等で復唱等により確認したり、講習会形式や質問形式による知識の確認などを行う

2) 総合訓練

訓練対象者及び合同参加予定者は以下の通りである。

対象者

- 本ターミナルの保安担当者（警備員）
- 合同参加予定者

- 隣接あるいは近傍の保安担当者
- 国際航海船舶の船長、船舶保安管理者
- 警察官、消防官、CIQ 職員
- DMA、MPA 職員

訓練の内容としては以下のものが考えられる。

- 保安レベルが上がったときの保安措置移行演習
- 埠頭保安管理者・警備員間の通信演習
- 国際航海船舶及び DMA との通信演習（船舶については、1) 船舶の利用が決定したときから着岸時までの間の通信連絡の演習と、2) 船舶が着岸後停泊中に行う通信連絡の演習の 2 パターン）
- 警察、消防等関係機関への通報演習
- 埠頭施設内の人々の避難誘導演習
- 不審者、不審物を発見した際の対応に関する演習