

# 港 湾 技 研 資 料

TECHNICAL NOTE OF  
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE  
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

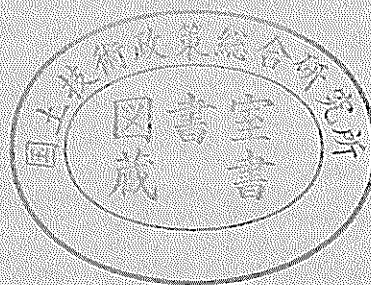
No. 268

Sept. 1977

係 船 岸 の 上 載 荷 重 調 査

遠 藤 博  
笹 田 彰  
石 塚 修 次

運 輸 省 港 湾 技 術 研 究 所



# 「係船岸の上載荷重調査」

## 目 次

要 旨	3
1. まえがき	3
2. 調査概要	3
3. 既存資料による調査	4
3.1 現行の設計基準について	4
3.2 他の基準における上載荷重の取り扱い	5
3.3 上載荷重の種類	7
3.4 過去の設計に採用した上載荷重の大きさ	7
3.5 上載荷重の問題点	13
4. 上載荷重影響度の検討	14
4.1 調査目的	14
4.2 調査方法	14
4.3 標準断面の設計と安定計算結果	17
4.4 各係船岸に及ぼす積載荷重の影響度	29
5. エプロン利用状況調査	54
5.1 調査目的	54
5.2 調査方法	54
5.3 調査結果	57
6. エプロン現場観測	65
6.1 調査目的	66
6.2 調査方法	66
6.3 調査結果	66
7. 上載荷重の設定に関する一考察	107
7.1 積載荷重	107
7.2 活荷重	108
あとがき	108
参考文献	

## Investigation of surcharge of port quaywalls

Hiroshi ENDO\*  
Akira SASADA\*  
Shuji ISHIZUKA\*\*

### Synopsis

In design of port structures, it is very important to set up all design conditions reasonably in view of reasonable design. However, it is the real situation now that all design conditions are not set up in the same accuracy and rationality. In this background, the authors took the focus to surcharge, one of the important design conditions. The authors investigated the influential degree of surcharge, the utilization of apron and examined reasonability of decision method of surcharge.

As a result of these investigations, the authors presented several decision methods of surcharge.

---

\* Ex-member of the Design Standard Laboratory, Design Standard Division  
\*\* Chief of the Design Standard Laboratory, Design Standard Division

# 係船岸の上載荷重調査

遠藤 博 ※  
笹田 彰 ※  
石塚修次\*\*

## 要 旨

港湾構造物の設計において、各々の設計条件を合理的に設定することは、設計の合理化、明確化のために非常に重要なことである。しかしながら、全ての設計条件が同じ精度で、かつ合理的に設定されているとは言いがたいのが実状である。このような背景をふまえ、設計条件の重要な要素である上載荷重に焦点を当てた。上載荷重影響度の検討、エプロン利用状況調査などを行い、上載荷重の設定方法の妥当性について検討した。

これらの調査の結果、上載荷重の設定方法について、いくつかの提言をした。

### 1. まえがき

港湾構造物の設計において、各々の設計条件を合理的に設定することは重要なことである。しかしながら、設計条件のすべてが、同じ精度で、かつ合理的に設定されているとは言いがたいのが実状であり、今後さらに検討を加えていかなければならない設計条件があるものと思われる。

港湾構造物設計基準では、死荷重、積載荷重、活荷重を総称して上載荷重とよんでおり、この上載荷重について規定を設けている。今回、この上載荷重に焦点をあてて検討を行う。

### 2. 調査概要

岸壁の利用上の安全を確保したり、岸壁の建設費を適切なものとするなど、いわゆる設計の安全性、合理化をはかるための一環として、上載荷重をとりあげ、それについて再検討を加えた。本調査はエプロン上に載荷される貨物の状態や、エプロン上で使用されている荷役機械の実態を把握し、岸壁の設計に必要な上載荷重の大きさ、その平面的・時間的分布をとらえ、構造物の安全性との

関係において、設計に用いるべき上載荷重の種類・大きさ等を検討した。

今回行った主な調査は

- (1) 既存資料による調査
- (2) 上載荷重影響度の検討
- (3) エプロン利用状況調査
- (4) エプロン現場観測

である。これら各調査については章立てで、調査方法、結果を報告する。

なお、これらの調査の関連性について、図-2.1にその概要を示した。

---

\* 前設計基準部 設計基準研究室

\*\* 設計基準部 設計基準研究室長

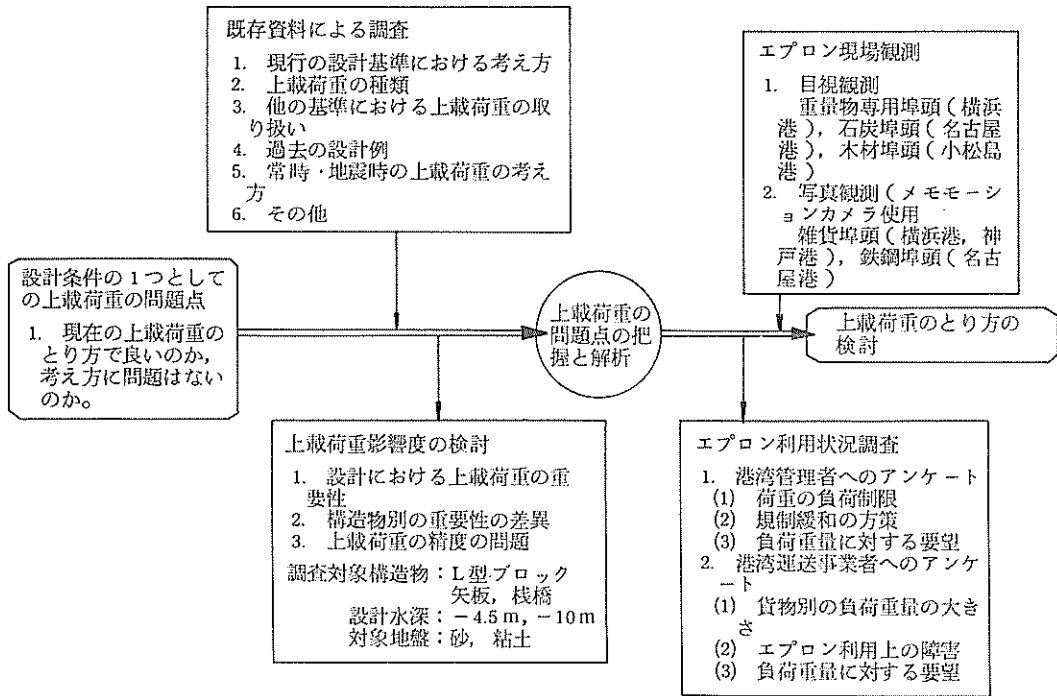


図-2.1 上載荷重調査フローチャート

### 3. 既存資料による調査

#### 3.1 現行の設計基準について

現行の港湾構造物設計基準では、上載荷重は「第2編 設計条件 第12章 上載荷重」に規定されている。

その構成は、

#### 第12章 上載荷重

##### 12.1 死荷重

##### 12.2 積載荷重

##### 12.2.1 常時における積載荷重

##### 12.2.2 不等分布の積載荷重

##### 12.2.3 地震時における積載荷重

##### 12.2.4 その他の荷重

##### 12.3 活荷重

##### 12.3.1 一般

##### 12.3.2 列車荷重

##### 12.3.3 自動車荷重

##### 12.3.4 モビークレーン荷重

##### 12.3.5 軌条走行式クレーン荷重

##### 12.3.6 群集荷重

となっており、死荷重、積載荷重、活荷重の3つに大きく分けられる。以下、その概要を示す。

#### (1) 死荷重について

死荷重については、表-3.1に示すとおり、鋼材、鉄筋・無筋コンクリート、木材、アスファルト、石材等の単位体積重量の標準値を示している。また本文には、重量の明らかなものは、その値を用いるという但し書きがついている。表-3.1の数値の中で、アスファルト舗装と乾燥及び湿潤状態における砂・砂利の単位体積重量を除いては、ほとんど支障のない数値と思われる。

表-3.1 材料の単位体積重量(単位:  $\text{t/m}^3$ )

材	料	単位体積重量
	鋼	7.85
鋳	鋼	7.85
鋳	鉄	7.25
無筋	コンクリート	2.3
鉄筋	コンクリート	2.45
木	材	0.8
アスファルト	舗装	2.2
石	材	2.6
砂, 砂利, 割ぐり石	(乾)	1.6
"	(湿)	2.0
"	(水中)	1.0

## (2) 積載荷重について

### (a) 常時における積載荷重

設計基準では本文で「常時における積載荷重は、取り扱う貨物の種類、荷姿、量、取り扱い方法、積載期間などを十分考慮して決めなければならない。」と規定しているだけで、具体的な数値は明記していない。ただし、解説の中で、「通常、構造物全体の安定計算には、エプロン、上屋、倉庫などの一区画について平均した値を用い、雑貨ふ頭の場合、 $0.5 \sim 1.5 \text{ t/m}^2$  程度の例が多い。また部材計算には、直接部材に作用する積載荷重をとり、 $1 \sim 3 \text{ t/m}^2$  程度の値が標準である。」と述べ、大体の目安を記述している。また、参考として、通常の倉庫積載荷重を品目別に、さらに、ばら荷の単位体積重量を表にまとめて掲載してある。

したがって、実際の係船岸の設計においては、積載荷重の大きさを取り扱う貨物、設計水深等から経験的に決めているのが現状である。

### (b) 不等分布の積載荷重

実際には、エプロン、上屋、倉庫などで載荷される貨物の荷重状態は不等分布であるが、それを本文で「一般に構造物全体の安定計算を行う場合、エプロン、上屋、倉庫などの一区画について不等分布荷重を等分布荷重におきかえて計算してよい。ただし、大きな集中荷重が作用する場合は、集中荷重のままでも検討しなければならない。」と明記しており、等分布荷重でおきかえてよいとしている。ただし、解説のなかでも同じく、係船岸頂部に接近して背後に大きな集中荷重が作用すると危険な場合があることを注記しており、集中荷重のままでも検討する必要があることも明記している。

### (c) 地震時における積載荷重

地震時における積載荷重のとり方については、本文で「地震時における積載荷重は、設計条件で考慮した地震が将来発生する時点での積載荷重の存否状態を十分予測して決めなければならない。」と述べているだけで、具体的な方法は記述していない。ただし、解説の中で、①積載荷重の大きさ、荷姿状態がほぼ一定である場合は、地震時の積載荷重と常時の積載荷重は同一であること、②常に貨物が置かれない護岸の場合は常時、地震時を問わずゼロでよいこと、③一般の係船岸では荷役が行われている間と、荷役が行われていない間では積載荷重の大きさが大きく変動する。この場合、地震時積載荷重の決定は、地震の発生時点における積載荷重の存否、大きさを確率論的に決める必要があるが、現在ではまだその手法が確立されていないこと、④一般の係船岸においては、地震時の積載荷重は常時

の $1/2$ をとることが多いこと、などが記述されている。

### (d) その他の荷重

その他の荷重として、本文なしで雪荷重についてのみ記述があり、一般の場合には $100 \text{ kg/m}^2$ を標準とすることが記述されている。

## (3) 活荷重について

### (a) 一般

活荷重について本文で、「活荷重は列車荷重、自動車荷重、トラクター・トレーラー荷重、モビールクレーン荷重、軌条走行式クレーン荷重、コンテナ荷役機械荷重及び群集荷重とする。通常、活荷重による衝撃荷重、制動荷重、始動荷重、遠心荷重は考慮しない。」と明記している。

### (b) 列車荷重

列車荷重については、日本国有鉄道建設規程による標準活荷重で、 $K$ 荷重又は $S$ 荷重のうち、構造物に最大の影響を与えるものを用いる。

### (c) 自動車荷重

自動車荷重は、「鋼道路橋設計示方書（日本道路協会）による。」として、 $T-20$ 、 $T-14$ 、 $L-20$ 、 $L-14$ の荷重を記載している。また、トラクター・トレーラー荷重について別途項目を設け連絡時の最大の輪荷重を用いることを規定している。

### (d) モビールクレーン荷重

モビールクレーン荷重は、「使用を予想されるクレーン車の最大輪荷重又は、クローラの最大接地圧を用いる。」ことを規定しており、その代表例を記載している。

### (e) 軌条走行式クレーン荷重

軌条走行式クレーン荷重についても一項を設け、「構造物の全体の安定計算には全重量、又は架構の前脚に作用する重量を、部材計算には最大輪荷重を用いる。」ことを規定している。

### (f) コンテナ荷役機械荷重

コンテナクレーン以外のコンテナ荷役機械について別途項目を設け、その代表例を解説に記載している。

### (g) 群集荷重

「群集荷重は、 $0.5 \text{ t/m}^2$ を標準とする。」と規定している。

## 3.2 他の基準における上載荷重の取り扱い

### (1) 漁港構造物標準設計法

全国漁港協会が発行（1976年改訂版）している「漁港構造物標準設計法」では、上載荷重を

#### (a) 死荷重

(b) 上載荷重

(c) 自動車荷重

に分けている。

死荷重は乾燥状態における砂、砂利、栗石の単位体積重量が 1.8 t/m<sup>3</sup>であることを除くと、あとは全て港湾構造物設計基準と同一である。

上載荷重は港湾構造物設計基準における積載荷重に相当するもので、表-3.2のとおり、岸壁別に標準値が示されている。また、地震時における上載荷重は常時の1/2としてよいと注書きされている。常時の上載荷重(積載荷重)の大きさをみると、0.5~1.0 t/m<sup>2</sup>で、港湾構造物設計基準に記載されている参考値に比べ小さな値を標準値にしていると言える。

自動車荷重は港湾構造物設計基準と同様、道路橋設計指示方書(日本道路協会)によるとしている。また、自動車による衝撃、制動荷重、始動荷重、遠心荷重は通常考慮しないと明記しており、この点も港湾構造物設計基準と同様である。なお、荷役機械、群集荷重など自動車荷重以外の活荷重については何も規定していない。

表-3.2 上載荷重(常時)

区分	荷重 (t/m <sup>2</sup> )	区分	荷重 (t/m <sup>2</sup> )
陸揚岸壁	1.0	物揚場	0.5
出漁準備岸壁	1.0	護岸・堤防	0.5
休けい岸壁	0.5		

(註) 地震時における上載荷重は常時の1/2としてよい。(「漁港構造物標準設計法」全国漁港協会より)

(2) 道路橋設計示方書

日本道路協会発行の道路橋設計示方書・同解説に規定されている荷重のうち、上載荷重に相当、関連する荷重を摘出すると次のとおりである。

① 主荷重

- (i) 死荷重
- (ii) 活荷重
- (iii) 衝撃

② 特殊荷重

- (i) 雪荷重
- (ii) 遠心荷重
- (iii) 制動荷重
- (iv) 衝突荷重

道路橋示方書では、上記及びその他の荷重を諸条件によって適宜選定することができるとしており、さらに種々の荷重の組合せを規定して、その中で最も不利な組合

せについて設計を行うよう明記している。

(a) 死荷重

道路橋示方書には表-3.3に示すような材料の単位重量を標準値としているが、鉄筋コンクリート、アスファルトコンクリート舗装などの数値が港湾構造物設計基準と多少異なっている。解説の中で、各種の調査結果から求めた値であり、各種測定値の中からやや大きい値をとったと説明している。

(b) 活荷重

活荷重は自動車荷重(T荷重・L荷重)、歩道等の等分布荷重及び軌道の車輛荷重とする。示方書には床版及び床組を設計する場合の活荷重と主桁を設ける場合の活荷重に分けてそれぞれ規定を設けている。床版及び床組の設計にはT荷重を、主桁の設計にはL荷重を用いることになっており、解説の中で自動車荷重の意味、諸外国の規定等を紹介している。

表-3.3 材料の単位重量

材 料	単位重量 (kg/m <sup>3</sup> )	材 料	単位重量 (kg/m <sup>3</sup> )
鋼・鉄鋼・鍛鋼	7,850	コンクリート	2,350
鋳鉄	7,250	セメントモルタル	2,150
アルミニウム	2,800	木 材	800
鉄筋コンクリート	2,500	瀝青材(防水用)	1,100
プレストレストコンクリート	2,500	アスファルトコンクリート舗装	2,300

(「道路橋示方書」日本道路協会より)

(c) 衝撃

「活荷重は衝撃を生じるものとする。」とし、橋種別に衝撃係数の算定式を示している。衝撃係数は橋種、スパンによって異なるが、最大値は0.35~0.4である。したがって、活荷重応力の35~40%増の応力が働くものと考えている。

(d) 雪荷重

「雪荷重を考慮する必要のある地方においては、架設地点の実状に応じて適当な値を定めるものとする。」と規定しているが、解説の中で、

降りたての雪	150 kg/m <sup>2</sup>
やや落着いた雪	300 kg/m <sup>2</sup>
圧縮された雪又は多量に水を含んだ雪	500~700 kg/m <sup>2</sup>

と3種類に分けて雪荷重の目安が記されている。

(e) 制動荷重及び遠心荷重

「自動車の制動荷重及び軌道車輛の制動荷重は、極端に軽い橋及び軌道があるなど特別な場合において考

慮するものとする。自動車の制動荷重はT荷重の10%、軌道車輛の制動荷重は輪荷重総和の10%とする。」と規定されていて、特別な構造の場合には10%程度の制動荷重の考慮が必要なことを述べている。

また、「遠心荷重は、曲線軌道の車輛荷重の8%が横方向に作用するものとする。」とし、遠心荷重を考慮する場合があることを規定している。

#### (f) 衝突荷重

「自動車の衝突のおそれがある脚柱には、コンクリート防護施設を設けるものとする。これらの防護施設が設けられない場合には、つぎの衝突荷重のいずれかが路面から1.8mの高さに水平に働くものとして設計を行わなければならない。」と規定し、車道方向については100t、車道と直角方向については50tの衝突荷重を考慮している。

### 3.3 上載荷重の種類

港湾構造物設計基準、漁港構造物標準設計法、道路橋示方書で規定されている上載荷重の種類は各々異なっている。港湾構造物の設計に考慮すべき上載荷重の種類を再整理すると、次のように分類するのが妥当であると考えられる。

- (1) 自重(死荷重)
- (2) 載荷重
  - (a) 積載荷重
  - (b) 活荷重
    - (i) 列車荷重
    - (ii) 自動車荷重
    - (iii) トラクター・トレーラー荷重
    - (iv) 荷役機械荷重
    - (v) 群集荷重
    - (vi) 特殊荷重

まず、上載荷重を自重とそれ以外の載荷重に分け、さらに載荷重を積載荷重と活荷重の2種類に分類した。自重とは構造物自体の荷重である。載荷重とは構造物に載るあらゆる荷重を総称する。積載荷重はエプロン、上屋、倉庫などに積載される雑貨、ばら荷等のいわゆる自分で動くことのない静的な荷重で、冬期積雪をみる地域ではエプロン上に積った雪も積載荷重になる。活荷重は自動車、荷役機械など動的な荷重で(i)~(vi)のような分類をした。なお、(iv)の荷役機械荷重はモビールクレーン、コンテナ荷役機械などの移動式荷役機械荷重、軌条走行式荷役機械荷重及び固定式荷役機械荷重の3種類に分類できる。(vi)の特殊荷重とは活荷重による衝撃荷重、制動荷重、始動荷重、遠心荷重などをいう。港湾構造物設計基準では

通常特殊荷重は考慮しないことになっているが、この点については後で言及する。

このような上載荷重の分類及び名称に沿って本調査を進めていくことにする。

### 3.4 過去の設計に採用した上載荷重の大きさ

過去の設計において、どのような上載荷重が採用されているかを調べることは今後の調査を進めるうえで非常に参考になる。特に積載荷重の大きさや、地震時における積載荷重のとり方の問題などを調べるための1つの目安になるものと思われる。そこで設計基準研究室がとりまとめている「港湾構造物集覧」を中心にして、過去の設計から上載荷重をとり出し、集計、整理をした。なお、自重(死荷重)については調査対象外とした。

#### (1) 積載荷重

##### (a) 常時における積載荷重の大きさ

港湾構造物集覧に記載されている港湾構造物の中から、係船岸だけをとりだし(ただし、昭和42年~昭和48年)、各係船岸の取扱貨物別に常時の積載荷重の大きさを整理したのが表-3.4である。取扱貨物は、雑貨、ばら物、砂・砂利・セメント、水産品、鋼材、木材、自動車、鉱石類、紙・パルプ、その他・不明の10種類に分類した。港湾構造物集覧に記載されている積載荷重の大きさは、非常に値がまちまちなので、表-3.4に示したように積載荷重 $w$ が $0 \leq w \leq 0.25 \text{ t/m}^2$ の場合は0、 $0.25 < w \leq 0.75 \text{ t/m}^2$ の場合は0.5、……と、ある値の範囲のものをその中間的な大きさの数値で表示をし、それを荷重ランクと名付けた。大半の設計例は0.5、1.0、2.0……( $\text{t/m}^2$ )というように、きりのよい数値を採用しているの、中間的な値をその代表値としても差し支えないと考えたからである。

表の中の数字は設計件数を表わす。この表をみると過去の設計の大半が積載荷重として $3.0 \text{ t/m}^2$ 以下の値を採用していることが明らかである。図-3.1は取扱貨物別にこの表をグラフ化したものであるが、これを見ても、それがよくわかる。取扱貨物が雑貨の場合、 $2.0 \text{ t/m}^2$ を設計条件として採用している例が、最も多いが、それに次いで $3.0 \text{ t/m}^2$ を常時の積載荷重として採用している例が多いこともわかる。雑貨以外の場合については、設計例も少なく、それほど顕著な傾向は出ていない。

次に、係船岸の規模、つまり設計水深別に積載荷重の大きさを分類、整理したのが表-3.5である。設計水深 $H$ を、 $H \leq 2.5 \text{ m}$ 、 $2.5 < H \leq 5.0 \text{ m}$ 、



表-3.4 過去の設計に採用した積載荷重(常時)の大きさ

積載荷重 ( $t/m^2$ ) 貨物	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5		
	$0 \leq w < 0.25$	$0.25 < w \leq 0.75$	$0.75 < w \leq 1.25$	$1.25 < w \leq 1.75$	$1.75 < w \leq 2.25$	$2.25 < w \leq 2.75$		
雑貨	1	1	13	12	58	11		
ばら物	1	-	5	10	5	1		
砂利・砂・セメント	-	-	1	1	10	-		
水産品	-	5	23	6	8	-		
鋼材	-	-	-	-	3	1		
木材	1	-	2	5	6	5		
自動車	-	1	4	-	1	-		
鉱石類	-	-	2	-	4	2		
紙・パルプ	-	-	1	-	-	-		
その他・不明	2	5	24	18	34	4		
合計	5	12	75	52	129	24		
積載荷重 ( $t/m^2$ ) 貨物	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5以上	合計	
	$2.75 < w \leq 3.25$	$3.25 < w \leq 3.75$	$3.75 < w \leq 4.25$	$4.25 < w \leq 4.75$	$4.75 < w \leq 5.25$	$5.25 < w$		
雑貨	27	-	-	-	-	-	-	123
ばら物	14	-	-	-	1	-	-	37
砂利・砂・セメント	7	-	3	-	-	-	-	22
水産品	-	-	-	-	-	-	-	42
鋼材	5	-	-	-	-	-	-	9
木材	12	-	1	-	-	-	-	32
自動車	-	-	-	-	-	-	-	6
鉱石類	10	1	3	-	1	-	-	23
紙・パルプ	-	-	-	-	-	-	-	1
その他・不明	18	-	2	-	2	3	3	112
合計	93	1	9	0	4	3	3	407

- (註) 1. 本表は港湾構造物集覧に記載されている常時の積載荷重の大きさを貨物別にとりまとめたものである。  
 2. 数字は設計件数を示す。  
 3. 積載荷重  $w$  の大きさは不等号で示した範囲で分類したが、便宜上それを 0, 0.5, 1.0 ~ ( $t/m^2$ ) のランクで表示した。

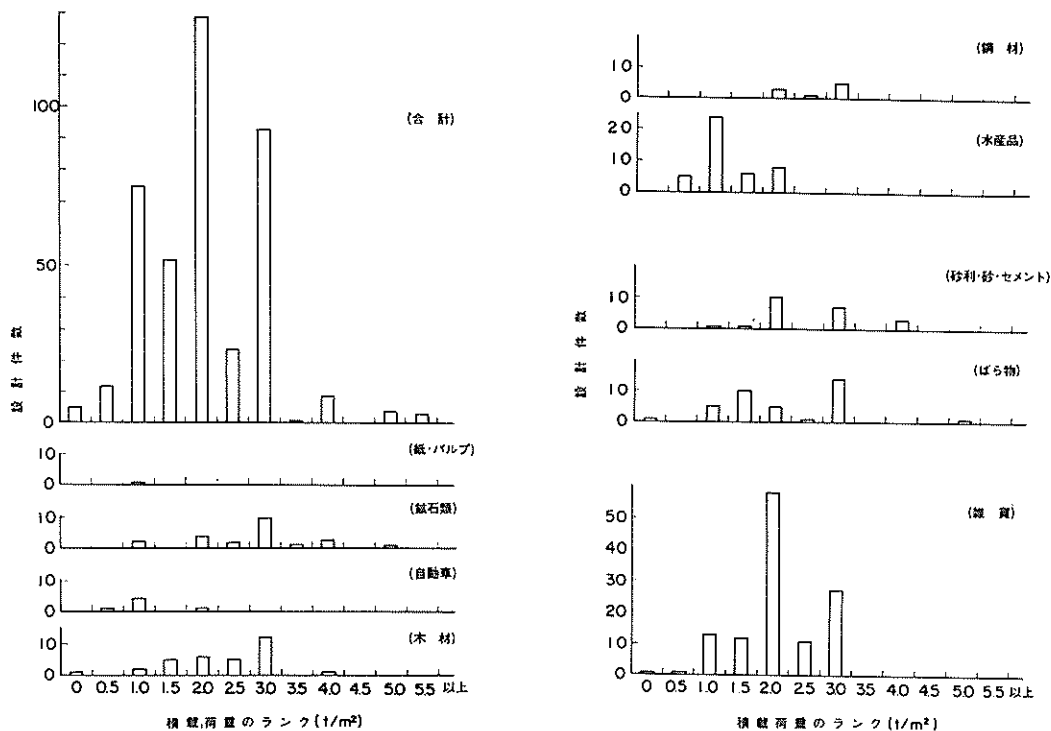


図-3.1 取扱貨物別の積載荷重(常時)の大きさ

表-3.5 設計水深別積載荷重(常時)の大きさ

(a)  $H \leq 2.5$  m の場合

取扱貨物名	積載荷重(常時)のランク別設計件数												
	0(t/m²)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5以上	合計
雑貨	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
ばら物	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
砂利・砂・セメント	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
水産品	-	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
鋼材	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
木材	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	3
自動車	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
鉱石類	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
紙・パルプ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
その他・不明	-	1	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	4
合計	1	2	10	2	2	0	0	0	0	0	0	0	17

(b)  $2.5\text{ m} < H \leq 5.0\text{ m}$  の場合

取扱貨物名	積載荷重(常時)のランク別設計件数												
	0(t/m <sup>2</sup> )	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5以上	合計
雑 貨	-	1	10	6	14	4	3	-	-	-	-	-	38
ば ら 物	1	-	3	7	2	1	4	-	-	-	-	-	18
砂利・砂・セメント	-	-	1	1	7	-	3	-	3	-	-	-	15
水 産 品	-	1	16	4	5	-	-	-	-	-	-	-	26
鋼 材	-	-	-	-	2	-	2	-	-	-	-	-	4
木 材	-	-	1	3	2	-	1	-	-	-	-	-	7
自 動 車	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
鉱 石 類	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2
紙 ・ パ ル プ	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
そ の 他 ・ 不 明	-	4	12	11	5	1	1	-	-	-	1	-	35
合 計	1	6	45	32	38	7	14	0	3	0	1	0	147

(c)  $5.0\text{ m} < H \leq 7.5\text{ m}$  の場合

取扱貨物名	積載荷重(常時)のランク別設計件数												
	0(t/m <sup>2</sup> )	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5以上	合計
雑 貨	-	-	-	6	31	6	10	-	-	-	-	-	53
ば ら 物	-	-	-	1	3	-	5	-	-	-	1	-	10
砂利・砂・セメント	-	-	-	-	3	-	2	-	-	-	-	-	5
水 産 品	-	2	3	2	3	-	-	-	-	-	-	-	10
鋼 材	-	-	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	3
木 材	-	-	-	1	-	3	-	-	-	-	-	-	4
自 動 車	-	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
鉱 石 類	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	2
紙 ・ パ ル プ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
そ の 他 ・ 不 明	2	-	5	4	18	2	4	-	1	-	1	-	37
合 計	2	3	12	14	59	11	24	0	1	0	3	0	129

(d)  $7.5\text{ m} < H \leq 10.0\text{ m}$  の場合

取扱貨物名	積載荷重(常時)のランク別設計件数												
	0(t/m <sup>2</sup> )	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5以上	合計
雑 貨	-	-	1	-	9	1	8	-	-	-	-	-	19
ば ら 物	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-	4
砂利・砂・セメント	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2
水 産 品	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
鋼 材	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
木 材	1	-	-	-	3	1	9	-	1	-	-	-	15
自 動 車	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
鉱 石 類	-	-	-	-	1	1	4	-	-	-	-	-	6
紙 ・ パ ル プ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
そ の 他 ・ 不 明	-	-	2	-	5	1	9	-	1	-	-	3	21
合 計	1	0	3	2	18	4	35	0	2	0	0	3	68

(e) 10.0 m &lt; H の場合

取扱貨物名	積載荷重(常時)のランク別設計件数												合計
	0(t/m <sup>2</sup> )	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5以上	
雑貨	-	-	1	-	4	-	6	-	-	-	-	-	11
ばら物	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	3
砂利・砂・セメント	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
水産品	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
鋼材	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
木材	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	3
自動車	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
鉱石類	-	-	1	-	2	-	5	1	3	-	-	-	12
紙・パルプ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
その他・不明	-	-	2	1	7	-	4	-	-	-	-	-	14
合計	0	0	4	1	13	2	20	1	3	0	0	0	44

(f) 合計

取扱貨物名	積載荷重(常時)のランク別設計件数												合計
	0(t/m <sup>2</sup> )	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5以上	
雑貨	1	1	13	12	58	11	27	-	-	-	-	-	123
ばら物	1	-	5	10	5	1	14	-	-	-	1	-	37
砂利・砂・セメント	-	-	1	1	10	-	7	-	3	-	-	-	22
水産品	-	4	23	6	8	-	-	-	-	-	-	-	41
鋼材	-	-	-	-	3	1	5	-	-	-	-	-	9
木材	1	-	2	5	6	5	12	-	1	-	-	-	32
自動車	-	1	4	-	1	-	-	-	-	-	-	-	6
鉱石類	-	-	2	-	4	2	10	1	3	-	1	-	23
紙・パルプ	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
その他・不明	2	5	23	18	34	4	18	-	2	-	2	3	111
合計	5	11	74	52	129	24	93	1	9	0	4	3	405

5.0 < H ≤ 7.5 m, 7.5 < H ≤ 10.0 m, 10.0 m < H の5段階に分類してまとめてみたが、この中で取扱貨物別にははっきりした特徴がでていないようである。取扱貨物合計(全貨物)と設計例の多い雑貨について、グラフで示したのが図-3.2及び図-3.3である。これを見ると、設計水深が大きくなるほど、つまり、係船岸が大型になるほど積載荷重の大きさも大きくなってきており、大型係船岸ほど設計条件として採用する常時の積載荷重は大きくなっているといえる。

取扱貨物合計(全貨物)と雑貨について、設計水深7.5 m以下の小型係船岸と、7.5 mを超える大型係船岸の2つに分け、前と同じように積載荷重のランク別に設計件数を表わしたのが図-3.4である。この図を見ると、設計の際に採用する常時の積載荷重の大きさ

が大型係船岸と小型係船岸によって異なっていることがよくわかり、小型係船岸の場合には、1.0~2.0 t/m<sup>2</sup>が、大型係船岸の場合には2.0~3.0 t/m<sup>2</sup>が多い。

(b) 地震時における積載荷重の大きさ

地震時における積載荷重の取り扱いが、過去の設計においてどうなっていたかを調べたのが表-3.6である。常時の場合と同様に、港湾構造物集覧から積載荷重をとりだし、常時の積載荷重をS、地震時の積載荷重をQとして、その比をとってまとめた。

表-3.6(a)は取扱貨物別に整理したものである。一般に、地震時の積載荷重は常時の積載荷重の大きさの1/2をとる例が多いといわれているので、 $\frac{Q}{S} > 0.5$ 、 $\frac{Q}{S} = 0.5$ 、 $\frac{Q}{S} < 0.5$  (ただしQ ≠ 0)、Q = 0の4種類に分け整理した。この表を見ると、取扱貨物に關

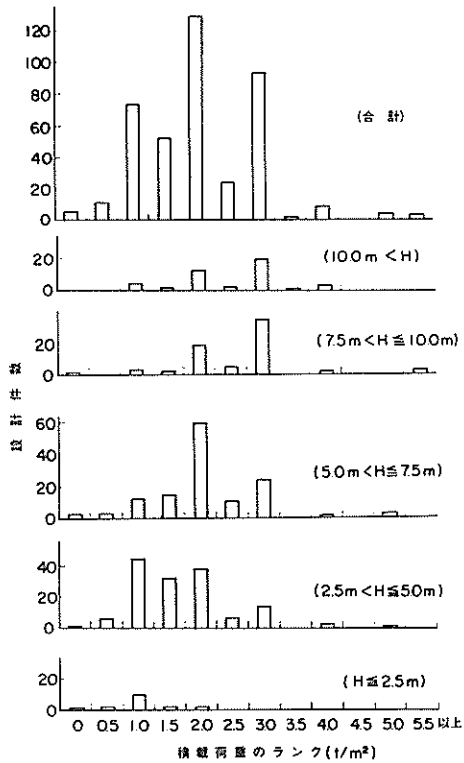


図-3.2 設計水深別積載荷重(常時)の大きさ  
(取扱貨物; 全貨物)

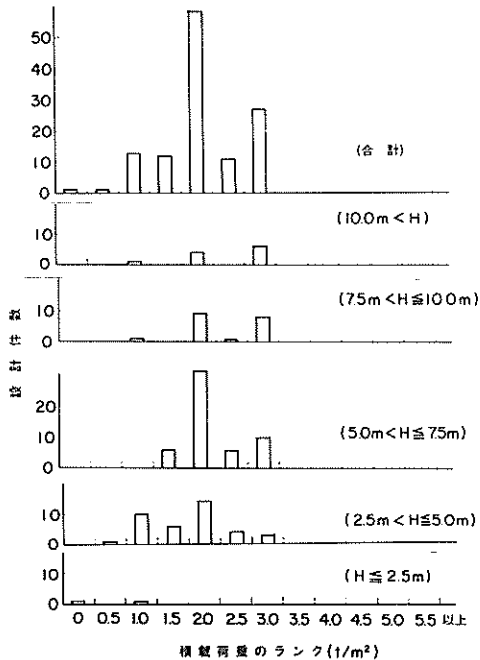


図-3.3 設計水深別積載荷重(常時)の大きさ  
(取扱貨物; 雑貨)

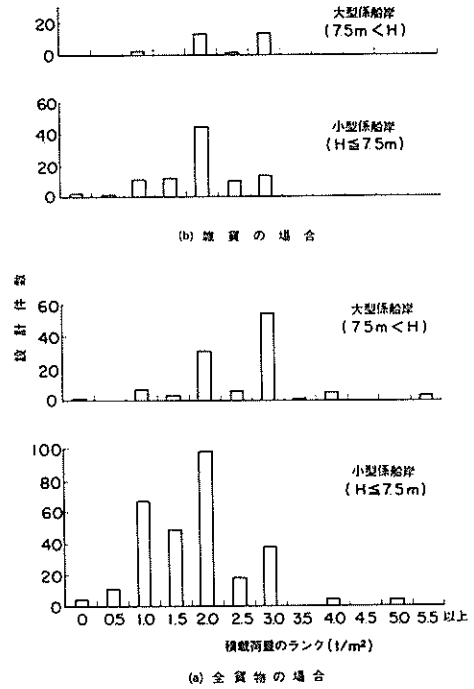


図-3.4 大型・小型係船岸別積載荷重(常時)の大きさ

表-3.6(a) 常時の積載荷重  $S$  と地震時の積載荷重  $Q$  との関係  
(取扱貨物別)

取扱貨物名	$\frac{Q}{S} > 0.5$	$\frac{Q}{S} = 0.5$	$\frac{Q}{S} < 0.5$	$Q=0$	合計
雑貨	11 (12.1)	79 (86.8)	1 (1.1)	0 (0.0)	91
ばら物	4 (8.9)	39 (86.7)	1 (2.2)	1 (2.2)	45
砂利・砂・セメント	2 (11.8)	15 (88.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	17
水産品	6 (20.0)	22 (73.4)	1 (3.3)	1 (3.3)	30
鋼材	1 (11.1)	8 (88.9)	0 (0.0)	0 (0.0)	9
木材	7 (23.3)	23 (76.7)	0 (0.0)	0 (0.0)	30
自動車	2 (40.0)	3 (60.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	5
鉱石類	2 (7.7)	24 (92.3)	0 (0.0)	0 (0.0)	26
紙・パルプ	0 (0.0)	3 (75.0)	0 (0.0)	1 (25.0)	4
その他・不明	30 (23.3)	90 (69.7)	3 (2.3)	6 (4.7)	129
合計	65 (16.8)	306 (79.3)	6 (1.6)	9 (2.3)	386

註 1. 数字は設計件数をあらわす。  
2. ( )内の数字は各貨物に対するパーセントである。

係なく地震時の積載荷重の大きさを常時の場合の1/2にしている例が大半を占め、取扱貨物合計では約80%となっている。また、 $\frac{Q}{S} > 0.5$ の場合が約17%になっており、地震時の積載荷重を常時と同じにしたり、常時の2/3ぐらいにしている例もある。しかしながら、地震時の積載荷重が常時の積載荷重の1/2未満、あるいは地震時の積載荷重をゼロにするという例は非常に少なく、両方あわせても4%ぐらいである。

表-3.6(b)は構造様式別にとりまとめたものである。矢板式及び重力式係船岸が全体の構造様式の約85%を占めているが、前者については約90%、後者は75%が常時の1/2の値を地震時の積載荷重としている。さん橋式、その他の係船岸では、その割合が減っているものの、やはり常時の1/2の値をとっている例が多い。

表-3.6(b) 常時の積載荷重Sと地震時の積載荷重Qとの関係  
(構造様式別)

構造様式	$\frac{Q}{S} > 0.5$	$\frac{Q}{S} = 0.5$	$\frac{Q}{S} < 0.5$	Q=0	合計
矢板式係船岸	14 (8.4)	151 (90.4)	0 (0.0)	2 (1.2)	167
さん橋式係船岸	15 (31.3)	29 (60.4)	3 (6.3)	1 (2.0)	48
重力式係船岸	31 (19.6)	118 (74.7)	3 (1.9)	6 (3.8)	158
たな式係船岸	2 (66.7)	1 (33.3)	0 (0.0)	0 (0.0)	3
その他形式の係船岸	3 (30.0)	7 (70.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	10
合計	65 (16.8)	306 (79.3)	6 (1.6)	9 (2.3)	386

- 脚 1. 数字は設計件数をあらわす。  
2. ( )内の数字は各構造様式に対するパーセントである。

以上のことから、地震時における積載荷重は、取扱貨物、構造様式の区別に関係なく、常時の積載荷重の1/2をとる例が多く、地震時の貨物の有無を考慮して常時の積載荷重と同じにしたり、あるいは逆にゼロにしたりする例は少ないといえる。

## (2) 活荷重

港湾構造物集覧には、積載荷重以外に軌条走行式クレーン荷重、自動車荷重(T荷重、L荷重)、モビールクレーン荷重、その他の活荷重の4種類の活荷重記入欄がある。それを調べると、次のことがいえる。

- ① 重力式係船岸や矢板式係船岸では、係船岸本体上に軌条走行式クレーンを敷設するとき、クレーン荷

重を設計に用いる以外は、活荷重を用いることは非常に少ない。

- ② さん橋式係船岸の場合は積載荷重以外に必ず自動車荷重あるいはトレーラー荷重を考慮しており、はりや床版の設計に使用している。  
③ モビールクレーンのアウトリガー反力、あるいは最大接地圧を設計に使用している例はほとんどない。

## 3.5 上載荷重の問題点

過去の設計例、既存資料等を調べてみた結果、設計条件としての上載荷重のとり方にはいくつかの問題点があると思われるので、それについて言及する。

### (1) 死荷重

壁体や土塊の重量計算、土圧の計算等には、各材料の単位体積重量を用いており、このような計算から構造物の安定計算が行われていることを考えると、単位体積重量の大きさは、構造物の設計において重要な影響度をもっていることになる。しかしながら、実際の設計では、鉄筋コンクリート、土、石材等の単位体積重量は、画一的に決められた標準値を用いていることが多い。必要に応じて慎重に定める場合があると考えられる。

### (2) 積載荷重

重力式、矢板式、さん橋式、その他の係船岸の設計には、等分布の積載荷重を設計条件として考慮しているので、その大きさを決めることは、設計上重要である。設計例をみると、積載荷重の大きさを過去の設計例を参考にして決めているのが実状である。

積載荷重には常時における積載荷重だけでなく、地震時の積載荷重の大きさ、あるいは不等分布の積載荷重の取り扱いなど、問題点がある。それを整理してみると次のことが考えられる。

- (a) 積載荷重のとり方を係船岸の規模、構造様式、取扱貨物別に考慮する必要はないか。  
(b) エプロン、上屋、倉庫など施設別に細く考慮し、規定する必要はないか。  
(c) 地震時の積載荷重の大きさを常時の積載荷重の大きさの1/2にとっている例が多いが、取扱貨物、構造様式別に、あるいは、確率的な手法をとり入れて、判断できないか。  
(d) エプロン、上屋、倉庫などにおける貨物の載荷状況は不等分布である例が多いが、それを等分布荷重に置き換えることに問題はないか。  
以上のように、積載荷重の大きさの設定には、いろい

ろと問題点を含んでいる。

### (3) 活荷重

軌条走行式荷役機械や固定式荷役機械がある場合、あるいはさん橋式係船岸のはりや、床版の設計などの場合に活荷重を設計に使用しているが、それ以外の場合については活荷重は用いていないことが多い。最近、モビールクレーンの大型化に伴うアウトリガー反力の増大や、フォークリフト、ログローダなどの大型化がめだっており、このような荷役機械荷重に対して、考慮を払う必要があると思われる。

移動式荷役機械（モビールクレーン）の係船岸に及ぼす影響については過去に調査（港研資料No. 29, 1967）を行っており、重力式、矢板式、さん橋式係船岸に対してどのような影響を及ぼすかを、詳細に検討している。それによると、大型の荷役機械を使用した場合、構造様式あるいは積荷箇所によって、構造物が危険になる場合があることを示している。

## 4. 上載荷重影響度の検討

### 4.1 検討の目的

現行の係船岸の設計法において、各々の設計条件が断面決定の際の安定計算に対し、どの程度の重要性を持っているのか把握されていない。つまり、ある1つの設計条件が構造物の断面決定に際し、大きく影響するのかどうか、そのためにその設計条件をどの程度正確に把握しておく必要があるかなどを考えて設計されていないのが

現状である。現行の設計体系は与えられた設計条件を満足するような安全な構造物を設計するものであり、また、設計条件の不明確さ、設計法の不確実などを補うために安全率という概念が導入されている。

各々の設計条件を正確に把握することが困難な現状では、各々の設計条件が断面決定の際にどの程度大きな影響をもっているのか、そのためにはどの程度の精度で設計条件を把握しなければいけないのかを調べておくことは、構造物の設計、構造物の安全性を考える上で非常に重要な事である。

そこで、設計条件の1つである上載荷重をこのような観点からとらえ、上載荷重が現行の設計法において断面決定の際の安定計算にどの程度の影響を及ぼすのかを調べ、あわせて、本調査の方向づけを行うことにした。

### 4.2 調査方法

上載荷重が、係船岸の安定計算に対し、どの程度の影響を及ぼすかを調べるために、上載荷重（ただし、設計を簡略化するため、上載荷重としては積載荷重（等分布荷重）のみに限定する）及びその他の設計条件を仮定して、標準断面を設計する。各々の標準断面について積載荷重の大きさを変化させて安定計算（安全率あるいは許容応力度に対する比率）がどのように変化するかを調べ、積載荷重と安全率あるいは応力比の関係を求める。

調査対象とする構造物、設計条件、安定計算の種類等は次の通りである。なお、図-4.1に上載荷重影響度調査フローチャートを示した。

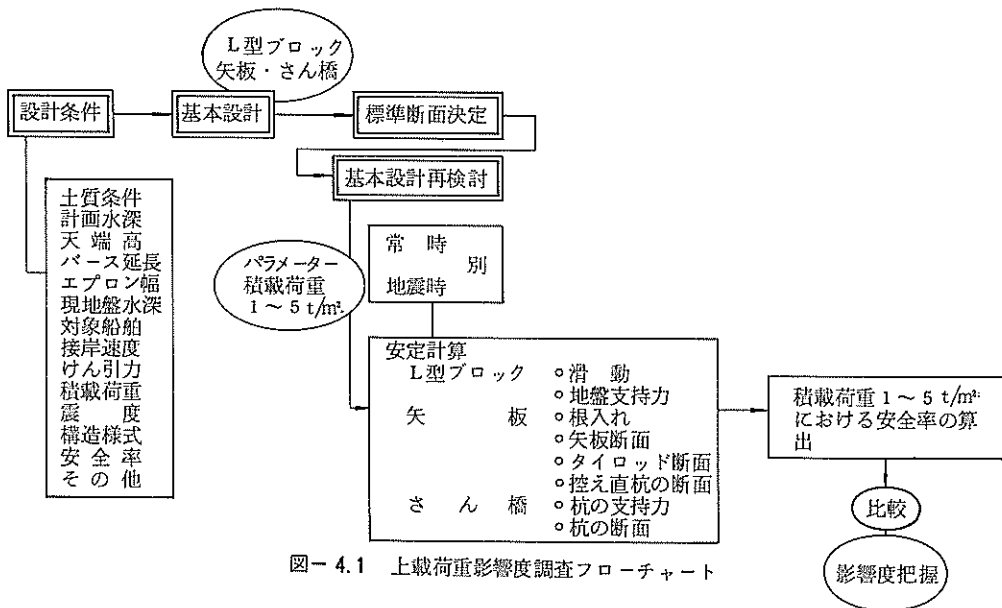


図-4.1 上載荷重影響度調査フローチャート

(1) 調査対象構造物

調査対象構造物の構造様式は L 型ブロック式、矢板式、横さん橋式の 3 種類とする。また、計画水深は -4.5 m、-10.0 m の 2 種類とする。

(構造様式 3 種類) × (計画水深 2 種類) の合計 6 種類の調査対象構造物について、設計潮位、設計震度、在来地盤、裏込条件を変化させ、表-4.1 のように合計 42 ケースの設計条件を想定し、各々について標準断面を計算した。

(2) 標準断面計算の際に変化させる設計条件

表-4.1 調査対象構造物設計条件一覧

種類	在来地盤の土質条件 (裏込土)	設計潮位 (H.W.L) (m)	残留水位 (R.W.L) (m)	計画水深 -4.5 m				計画水深 -10.0 m					
				天端高 (m)	震度				天端高 (m)	震度			
					0.05	0.10	0.15	0.20		0.05	0.10	0.15	0.20
L型ブロック	砂質土 (裏込砂 φ=40°)	+0.5	+0.2	+1.5			A-1		+2.0			D-1	
		+2.5	+0.8	+3.5	A-2		A-3		+4.0	D-2		D-3	
	砂質土 (裏込砂 φ=30°)	+0.5	+0.2	+1.5	A-4		A-5		+2.0	D-4		D-5	
		+2.5	+0.8	+3.5	A-6		A-7		+4.0	D-6		D-7	
鋼矢板	砂質土	+0.5	+0.3	+1.5		B-1		B-2	+2.0		E-1		E-2
		+2.5	+1.7	+3.5		B-3		B-4	+4.0		E-3		E-4
	粘性土	+0.5	+0.3	+1.5		B-5		B-6	+2.0		E-5		E-6
		+2.5	+1.7	+3.5		B-7		B-8	+4.0		E-7		E-8
横さん橋	砂質土	+0.5	+0.2	+1.5				C-1	+2.0		F-1		F-2
		+2.5	+0.8	+3.5				C-2	+4.0		F-3		F-4
	粘性土	+0.5	+0.2	+1.5				C-3	+2.0		F-5		F-6
		+2.5	+0.8	+3.5				C-4	+4.0		F-7		F-8

註 A-1 ~ F-8 は標準設計を行った条件で、ケース名をあらわす。

(3) 標準断面計算の際の設計条件 (共通項目)

(a) 係船岸の諸元

i) 計画水深

-4.5 m  
-10.0 m

ii) 天端高

計画水深	H.W.L	天端高
-4.5 m	+0.5 m	+1.5 m
	+2.5	+3.5
-10.0 m	+0.5	+2.0
	+2.5	+4.0

iii) バース延長

計画水深	バース延長
-4.5 m	70 m
-10.0 m	185 m

iv) エプロン幅、勾配

幅 20 m, 勾配 1/100

(b) 利用条件

i) 対象船舶

計画水深	対象船舶
-4.5 m	1,500 D/W
-10.0 m	15,000 D/W

ii) 接岸速度

0.10 m/sec

iii) 積載荷重

計画水深	常時	地震時
-4.5 m	2.0 t/m <sup>2</sup>	1.0 t/m <sup>2</sup>
-10.0 m	3.0 "	1.5 "

(c) 自然条件

i) 潮位

H.W.L	0.5 m	2.5 m	
L.W.L	0.0	0.0	
R.W.L	透水	0.2	0.8
	不透水	0.3	1.7

ii) 設計震度

$K_{DH} = 0.05, 0.10, 0.15, 0.20$

$K_{DV} = 0.00$



iii) 土質条件

① 砂質土

計画水深	-4.5m	-1.0.0m
土質条件	-4.5m	-7.0m
	$\gamma = 1.0 \text{ t/m}^3$ $\phi = 30^\circ$ $N = 10$	$\gamma' = 1.0 \text{ t/m}^3$
		-3.0.0m
		$\gamma' = 1.0 \text{ t/m}^3$ $\phi = 35^\circ$ $N = 10$
-5.0.0m	-5.0.0m	

② 粘性土

計画水深	-4.5m	-1.0.0m
土質条件	-4.5m	-7.0m
	$\gamma = 1.6 \text{ t/m}^3$ $\gamma' = 0.6 \text{ t/m}^3$ $c = 3.5$ $+ 0.2 z$	$\gamma = 1.6 \text{ t/m}^3$
		$\gamma' = 0.6 \text{ t/m}^3$
		$c = 3.5$ $+ 0.2 z$
-5.0.0m	-5.0.0m	

iv) 在来地盤水深

計画水深	在来地盤水深
-4.5 m	-4.5 m
-1.0.0 m	-7.0 m

v) その他の条件

その他一般的な設計条件及び設計方法は「港湾構造物設計基準」によるものとする。

(4) 標準断面計算の際の設計条件(構造様式別)

(a) L型ブロック式

i) 裏込材

裏込材	内部マ サツ角 $\phi(^{\circ})$	壁面マ サツ角 $\delta(^{\circ})$	単位体積重量( $\text{t/m}^3$ )	
			$\gamma$	$\gamma'$
I	40	15	1.8	1.0
II	30	15	1.8	1.0

ii) 基礎捨石

基礎捨石	$\phi(^{\circ})$	$\gamma'(\text{t/m}^3)$
上層	40	1.0
下層	30	1.0

ただし、二層系偏心傾斜荷重計算の場合  
常時  $5^\circ$ 、地震時  $10^\circ \text{ up}$

iii) 壁面重量

R.W.L以上  $\gamma = 2.10 \text{ t/m}^3$

R.W.L以下  $\gamma = 1.15 \text{ t/m}^3$

(b) 矢板式

i) 裏込材

$\gamma = 1.8 \text{ t/m}^3$ ,  $\gamma' = 1.0 \text{ t/m}^3$ ,  $\phi = 35^\circ$   
 $\delta = +15^\circ$

ii) 控え杭

タイロッド取付点から  $1/2 l_{m1}$  まで控え杭前面に捨石を置く。

$\gamma = 2.0 \text{ t/m}^3$ ,  $\phi_p = 35^\circ$ ,  $\delta = -15^\circ$

杭の計算は港研方式を用いる。地盤の平値  $N$  値は10のC型地盤とする。

$k_c = 2.0 \text{ kg/cm}^{2.5}$

iii) 鋼材

Z-45型以上の断面を必要とする場合は鋼管矢板とする。材質と許容応力度、腐食しろは次の通りである。

① 材質と許容応力度

鋼材	材質	許容応力度
鋼矢板	鋼矢板II種	1800 kg/cm <sup>2</sup>
鋼管矢板	STK41	1300
タイロッド	KSTIII	1800

(注:地震時は5割増しする)

② 腐食しろ

部材	腐食しろ
前面矢板(海側)	0.5 mm
前面矢板(陸側)	0.075
タイロッド	1.25
控え直杭	0.75

注:耐用年数は50年。前面矢板には電気防食を施し、その防食率を90%とする。

(c) 横さん橋式

i) 横方向地盤反力係数

$c - N$  値及び  $K_h = 0.15 N$  の関係から横方向地盤反力係数を次の通りとした。

土質条件	横方向地盤反力係数 $K_h$
砂質土	1.5 kg/cm <sup>2</sup>
粘性土	0.45

ii) 鋼管杭

① 材質及び許容応力度

材質 STK41

許容応力度  $\sigma_{sa} = 1300 - 0.06(l/r)^2$   
kg/cm<sup>2</sup>

② 腐食しろ

杭頭部、地中部は電防により0とする。また、被ふ

くコンクリート下面(±0.0 m)は電防が90%有効として(耐用年数50年)0.5 mm考慮する。

Ⅲ) さん橋上部工自重

$$\gamma_s = 1.7 \text{ t/m}^3 \text{とする。}$$

Ⅳ) 脚柱杭の配置

さん橋の1ブロックの大きさや脚柱間隔は水深、天端高ごとに定めるものとする。

Ⅴ) 脚柱杭断面の決定

法線直角方向の各杭の断面は分配される軸力、モーメントの大きさによって変わるが、ここでは一番大きな断面になる陸側部の杭の断面に統一し、同じ杭を使用するものとする。

(5) 標準断面の検討

(a) 標準断面検討のパラメーター

各々の設計条件で設計された標準断面について、積載荷重の大きさを変化させて、それぞれ安定計算を行

表-4.2 標準断面の検討に用いる積載荷重の大きさ

計画水深	常時・地震時		積載荷重 (t/m <sup>2</sup> )				
	常時	地震時	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
-4.5m	常時	地震時	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
	地震時	地震時	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
-10.0m	常時	地震時	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
	地震時	地震時	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5

注) L型ブロックの計画水深-10.0 m、地震時の積載荷重はそれぞれ1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0である。

表-4.3 構造様式別の安定計算検討項目

構造様式	安定計算検討項目	安全率(許容応力度)	
		常時	地震時
L型ブロック	壁体のすべり出しに対する検討	1.2	1.0
	二層系偏心傾斜荷重に対する検討	1.0	1.0
	前面矢板の根入れに対する検討	1.5(砂) 1.2(粘)	1.2(砂) 1.2(粘)
矢板式	矢板前面の検討	許容応力度	許容応力度の五割増
	タイロッド断面の検討	〃	〃
	控え直杭断面の検討	〃	〃
横さん橋	円形すべりに対する検討	1.2	1.0
	杭の支持力に対する検討	2.5	2.0
	杭の断面に対する検討	許容応力度	許容応力度の五割増

い、積載荷重と安全率あるいは許容応力度との比の関係を求める。変化させる積載荷重の大きさは表-4.2の通りである。

(b) 安定計算検討項目

上記の要領で安定計算を行い、積載荷重と安全率、応力度比の関係を求めるが、構造様式別の安定計算は表-4.3の通りである。また、標準断面計算時に使用した安全率も同表に載せた。

4.3 標準断面の設計と安定計算結果

L型ブロック式、矢板式、横さん橋式係船岸の3種類の係船岸構造様式に対して、設計条件を変化させ、合計42ケースの係船岸に対して標準断面の設計を行った。そして、各々の標準断面に対して上載荷重(但し、積載荷重(等分布荷重)に限定する)の大きさを変化させて安定計算を行い、構造物に対する積載荷重の影響度を調べた。以下、構造様式別に標準断面の設計及び安定計算結果を述べる。

なお、横さん橋式係船岸については本節に述べる基本設計に対する検討のほか、はりや床版などの細部設計に対する積載荷重影響度の検討も必要であるが、本節では基本設計の検討にとどめた。

(1) L型ブロック式係船岸の安定計算結果

(a) 標準断面の設計

前節で述べたような設計条件を使用して、-4.5 m岸壁7ケース、-10 m岸壁7ケースの合計14ケースについて標準断面の設計を行った。設計は港研で開発したL型ブロック式係船岸の自動設計プログラム<sup>1)</sup>を利用して、自動設計による方法を用いた。自動設計によって求めた14ケース各々の標準断面の諸元は表4.4に示す通りである(諸元の説明は図-4.2参照)。

表-4.4 L型ブロック式係船岸の標準断面一覽:

ケースNo	設計条件		L型ブロック諸元 (cm)														HUNCH									
	計画水深	土質条件	設計潮位	設計天端高	天端残留水深	設計水位	別添資料の設計傾度	設計傾度	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>	B <sub>7</sub>	B <sub>8</sub>		D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>	H <sub>5</sub>
A-1	-4.5m	砂質土	+0.50m	+1.50m	+0.20m	40°	0.15	410	360	325	50	95	130	70	430	55	35	30	75	535	120	655	480	525	20	
A-2	"	"	+2.50	+3.50	+0.80	"	0.05	380	290	255	90	100	145	50	370	55	35	40	75	665	190	855	610	585	20	
A-3	"	"	"	"	"	"	0.15	540	480	445	60	100	145	50	290	50	35	35	70	660	190	850	610	580	20	
A-4	"	"	+0.50	+1.50	+0.20	30°	0.05	320	270	235	50	95	130	70	470	60	35	40	80	540	120	660	480	530	20	
A-5	"	"	"	"	"	"	0.15	550	500	465	50	95	130	70	380	45	35	30	65	525	120	645	480	515	20	
A-6	"	"	+2.50	+3.50	+0.80	"	0.05	460	370	335	90	100	145	50	340	50	35	35	75	660	190	850	610	580	20	
A-7	"	"	"	"	"	"	0.15	700	650	615	50	100	145	50	250	40	35	35	60	650	190	840	610	570	20	
D-1	-10.0m	"	+0.50	+2.00	+0.20	40°	0.15	790	670	625	120	335	600	525	420	70	45	35	90	1120	150	1270	1050	1090	20	
D-2	"	"	+2.50	+4.00	+0.80	"	0.05	680	560	525	120	190	325	200	290	60	35	40	80	1210	250	1460	1150	1140	20	
D-3	"	"	"	"	"	"	0.15	970	850	810	120	235	405	280	370	60	40	35	85	1210	250	1460	1150	1140	20	
D-4	"	"	+0.50	+2.00	+0.20	30°	0.05	630	510	475	120	285	515	440	330	55	35	40	90	1105	150	1255	1050	1075	20	
D-5	"	"	"	"	"	"	0.15	1000	950	910	50	380	700	625	360	60	40	35	80	1110	150	1260	1050	1080	20	
D-6	"	"	+2.50	+4.00	+0.80	"	0.05	790	670	635	120	200	345	220	260	50	35	40	80	1200	250	1450	1150	1130	20	
D-7	"	"	"	"	"	"	0.15	1180	1130	1090	50	220	380	255	290	60	40	35	80	1210	250	1460	1150	1140	20	

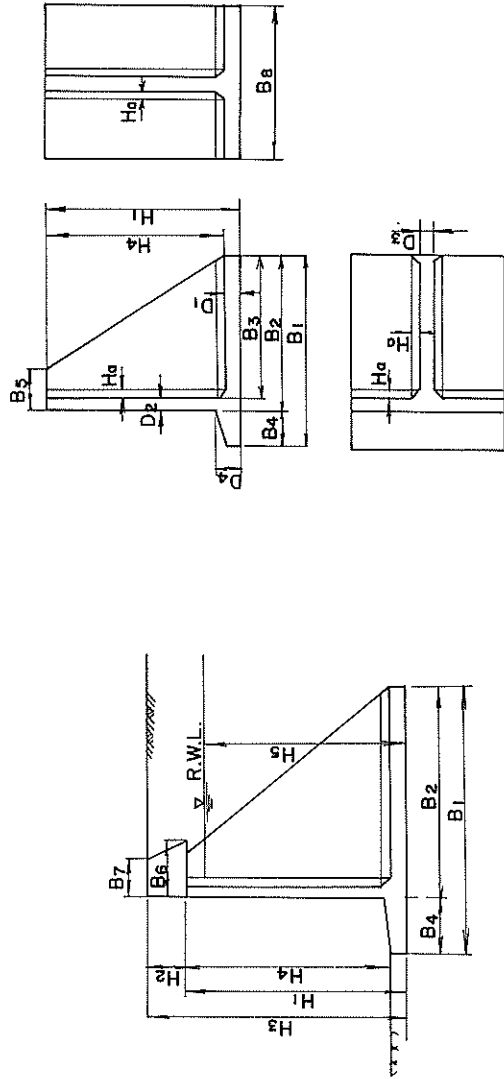


図-4.2 L型ブロック形状

また、L形ブロック式係船岸の標準断面図も自動化機により自動的に描くことができるが、その代表的な標準断面図を図-4.3及び図-4.4に示す。

(b) 標準断面に対する安定計算結果

次に、各々の標準断面について、壁体の滑り出し（滑動）及び地盤の支持力の2つの安定計算検討項目に対して上載荷重（ただし、等分布積載荷重）の大きさをいろいろと変化させて、安定計算を行い、常時、地震時それぞれの積載荷重と検討項目の安全率との関

係を求めた。

なお、地盤の支持力については、種々の検討方法があるが、ここでは荷重分散法を用いることにした。その理由については後述する。

また、L型ブロック式係船岸の場合、上記2つの検討項目以外に壁体の転倒に対する検討も必要な検討項目になっている。しかしながら、転倒に対する安全率は滑動の安全率に比べて、一般的には大きいので今回は転倒に対する安定計算を省略した。

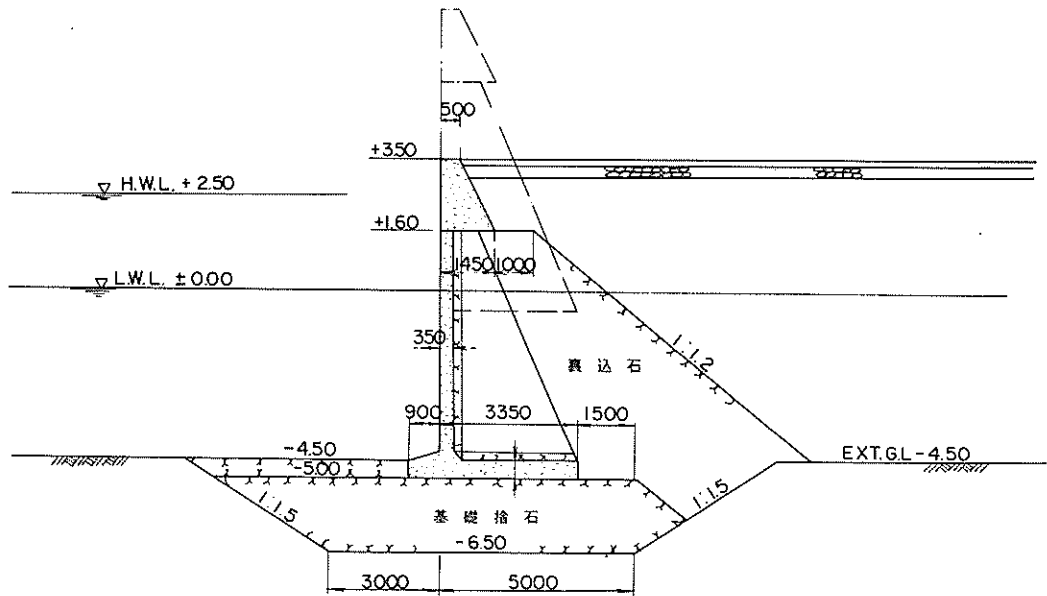


図-4.3 L型ブロック式-4.5m岸壁標準断面図(タイプA-6)

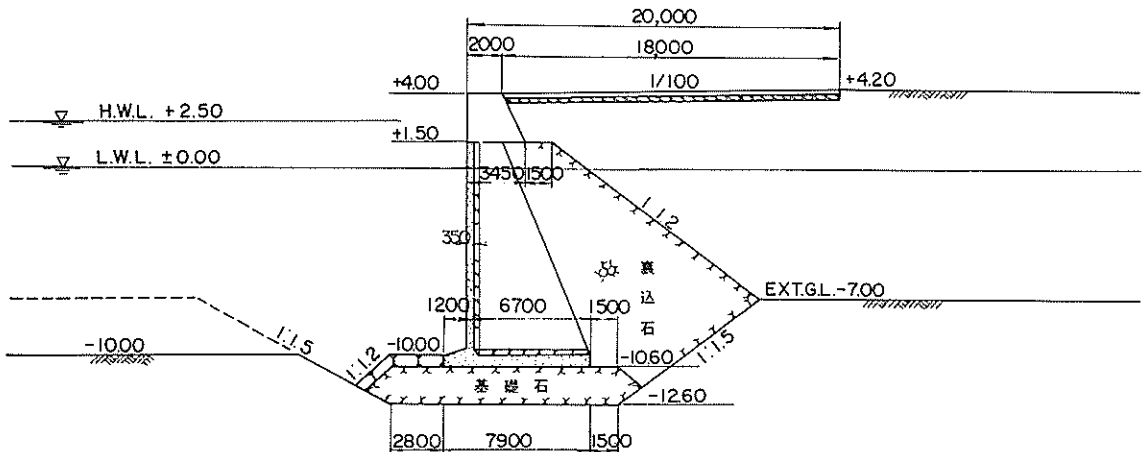


図-4.4 L型ブロック式-10.0m岸壁標準断面図(タイプD-6)

i) 滑動に対する検討  
標準断面に働く1~5 t/m<sup>2</sup>の5種類の積載荷重に対して、各々鉛直力、水平力を計算し、

$$\text{滑動に対する安全率} = \frac{\text{合計鉛直力} \times \text{摩擦係数}}{\text{合計水平力}}$$

から、滑動に対する安全率を計算した。その計算結果は表-4.5及び表-4.6のとおりである。

表-4.5 L型ブロック式係船岸の滑動に対する安全率(計画水深-4.5 m)

検討項目 常時・地震時 積載荷重 (t/m <sup>2</sup> ) ケース名	滑動に対する安全率										設計条件						
	常 時					地 震 時					計画 水深 (m)	土質 条件	設計 潮位 (m)	天端 高 (m)	残留 水位 (m)	裏込の部 材内摩擦 角φ(°)	設計 震度
	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0							
A-1	1.53	1.34	1.19	1.08	0.99	1.26	1.15	1.06	0.98	0.92	-4.5	砂質土	+0.50	+1.50	+0.20	40	0.15
A-2	1.16	1.06	0.98	0.92	0.86	1.20	1.12	1.06	0.98	0.92	"	"	+2.50	+3.50	+0.80	40	0.05
A-3	1.55	1.42	1.31	1.21	1.13	1.26	1.18	1.12	1.06	1.01	"	"	+2.50	+3.50	+0.80	40	0.15
A-4	1.51	1.32	1.18	1.07	0.98	1.53	1.35	1.21	1.10	1.01	"	"	+0.50	+1.50	+0.20	30	0.05
A-5	2.21	1.92	1.70	1.53	1.39	1.58	1.44	1.33	1.24	1.15	"	"	+0.50	+1.50	+0.20	30	0.15
A-6	1.43	1.30	1.20	1.12	1.05	1.41	1.30	1.20	1.13	1.06	"	"	+2.50	+3.50	+0.80	30	0.05
A-7	2.04	1.86	1.71	1.58	1.48	1.48	1.39	1.31	1.24	1.18	"	"	+2.50	+3.50	+0.80	30	0.15

表-4.6 L型ブロック式係船岸の滑動に対する安全率(計画水深-10.0 m)

検討項目 常時・地震時 積載荷重 (t/m <sup>2</sup> ) ケース名	滑動に対する安全率										設計条件						
	常 時					地 震 時					計画 水深 (m)	土質 条件	設計 潮位 (m)	天端 高 (m)	残留 水位 (m)	裏込の部 材内摩擦 角φ(°)	設計 震度
	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0							
D-1	1.78	1.63	1.51	1.40	1.31	1.41	1.33	1.26	1.20	1.14	-10.0	砂質土	+0.50	+2.00	+0.20	40	0.15
D-2	1.39	1.31	1.23	1.17	1.11	1.43	1.36	1.29	1.23	1.17	"	"	+2.50	+4.00	+0.80	40	0.05
D-3	1.74	1.63	1.53	1.45	1.37	1.36	1.31	1.26	1.21	1.16	"	"	+2.50	+4.00	+0.80	40	0.15
D-4	1.68	1.54	1.42	1.32	1.23	1.70	1.57	1.46	1.37	1.28	"	"	+0.50	+2.00	+0.20	30	0.05
D-5	2.42	2.21	2.03	1.89	1.76	1.69	1.60	1.52	1.44	1.38	"	"	+0.50	+2.00	+0.20	30	0.15
D-6	1.64	1.53	1.44	1.37	1.30	1.62	1.53	1.45	1.38	1.31	"	"	+2.50	+4.00	+0.80	30	0.05
D-7	2.23	2.09	1.96	1.85	1.75	1.58	1.52	1.46	1.40	1.35	"	"	+2.50	+4.00	+0.80	30	0.15

ii) 地盤の支持力に対する検討

L型ブロックの標準断面の設計は自動設計プログラムを利用したことは既述のとおりであるが、その自動設計の中では、地盤の支持力に対する検討は二層系偏心傾斜荷重における片山・内田の方法を用いている。偏心傾斜荷重に対する浅い基礎の支持力の検討方法については、一層系地盤支持力、二層系地盤支持力それぞれについて各種の算定方法がある。基礎地盤の上に捨石マウンドを有する二層系構造の地盤支持力につい

いても片山・内田の方法以外に荷重分散法、三建法などがあり、これらの方法を単独に用いず、組み合わせで用いることがよいとされている。

しかしながら、本調査は上載荷重の構造物に及ぼす影響度を調べ、比較検討するのが主な目的であるので、今回は一番簡単な荷重分散法を用いることにした。荷重分散法は第一段階として捨石マウンド上面での検討を行い、第二段階として基礎地盤の支持力の検討を行う。捨石マウンド上面での検討は、まず、捨石マウン

D上面での底面反力分布を求め、この分布の最大応力度  $p$  (端し(跡)圧とよぶ) ( $t/m^2$ ) と、許容端し圧  $q_{ta}$  ( $t/m^2$ ) とを比較し、 $p \leq q_{ta}$  であればよい。通常、許容端し圧  $q_{ta}$  として  $40 \sim 50 t/m^2$  の一定値を用いる例が多い。第二段階の基礎地盤の支持力の検討は、マウンド上面の底面反力分布を応力伝播させて基礎地盤上面の荷重分布を求め、その最大応力度  $P_1$  と別途計算した基礎の許容支持力  $q_a$  とを比較して  $P_1 \leq q_a$  であればよい。

今回は積載荷重の影響度を比較検討することであるので、荷重分散法の第一段階の検討のみを行い、第二段階の検討は省略することにした。第二段階の検討は基礎地盤が砂質土で、捨石マウンドの厚さが適当であれば、一般的には問題がないといわれている。許容端し圧  $q_{ta}$  は  $40 t/m^2$  とし、 $q_{ta}/P_1$  の比を地盤の支持力に対する安全率と考え、各ケース毎の常時・地震時における積載荷重と地盤の支持力に対する安全率を求めたのが表-4.7及び表-4.8である。

表-4.7 L型ブロック式係船岸の地盤支持力に対する安全率(計画水深-4.5m)

検討項目 常時・地震時 積載荷重 ( $t/m^2$ ) ケース名	地盤支持力に対する安全率										設計条件						
	常時					地震時					計画 水深 (m)	土質 条件	設計 潮位 (m)	天端 高 (m)	残留 水位 (m)	裏材の 内摩擦 角 $\phi$ (°)	設計 震度
	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0							
A-1	2.61	2.31	2.03	1.77	1.53	1.93	1.70	1.48	1.27	1.08	-4.5	砂質土	+0.50	+1.50	+0.20	40	0.15
A-2	1.51	1.22	0.94	0.67	0.43	1.50	1.25	1.01	0.79	0.57	"	"	+2.50	+3.50	+0.80	40	0.05
A-3	2.04	1.86	1.71	1.58	1.45	1.49	1.38	1.27	1.16	1.06	"	"	+2.50	+3.50	+0.80	40	0.15
A-4	2.02	1.61	1.22	0.86	0.53	1.84	1.44	1.06	0.71	0.38	"	"	+0.50	+1.50	+0.20	30	0.05
A-5	3.62	3.31	3.05	2.83	2.64	2.67	2.50	2.36	2.21	2.08	"	"	+0.50	+1.50	+0.20	30	0.15
A-6	2.08	1.85	1.66	1.47	1.29	1.88	1.68	1.48	1.29	1.11	"	"	+2.50	+3.50	+0.80	30	0.05
A-7	2.57	2.41	2.30	2.14	2.03	1.84	1.76	1.68	1.60	1.53	"	"	+2.50	+3.50	+0.80	30	0.15

表-4.8 L型ブロック式係船岸の地盤支持力に対する安全率(計画水深-10.0m)

検討項目 常時・地震時 積載荷重 ( $t/m^2$ ) ケース名	地盤支持力に対する安全率										設計条件						
	常時					地震時					計画 水深 (m)	土質 条件	設計 潮位 (m)	天端 高 (m)	残留 水位 (m)	裏材の 内摩擦 角 $\phi$ (°)	設計 震度
	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0							
D-1	1.71	1.56	1.44	1.34	1.25	1.25	1.17	1.09	1.02	0.94	-10.0	砂質土	+0.50	+2.00	+0.20	40	0.15
D-2	1.09	0.99	0.89	0.79	0.70	1.06	0.97	0.89	0.80	0.72	"	"	+2.50	+4.00	+0.80	40	0.05
D-3	1.47	1.38	1.30	1.23	1.17	1.07	1.02	0.98	0.94	0.89	"	"	+2.50	+4.00	+0.80	40	0.15
D-4	1.54	1.39	1.25	1.12	1.00	1.45	1.32	1.19	1.07	0.95	"	"	+0.50	+2.00	+0.20	30	0.05
D-5	1.81	1.71	1.63	1.55	1.48	1.33	1.28	1.23	1.19	1.14	"	"	+0.50	+2.00	+0.20	30	0.15
D-6	1.34	1.25	1.16	1.09	1.01	1.23	1.15	1.08	1.01	0.94	"	"	+2.50	+4.00	+0.80	30	0.05
D-7	1.50	1.44	1.38	1.33	1.28	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	"	"	+2.50	+4.00	+0.80	30	0.15

(2) 矢板式係船岸の安定計算結果

(a) 標準断面の設計

与えられた設計条件で矢板式係船岸16ケースについて設計を行った。

各ケースの標準断面は表-4.9に示すとおりである。

また、標準断面の代表例を図-4.5, 図-4.6に示す。

(b) 標準断面の安定計算結果

次に、各々の標準断面について、積載荷重の大きさを变化させて安定計算を行った。安定計算検討項目は次の通りである。

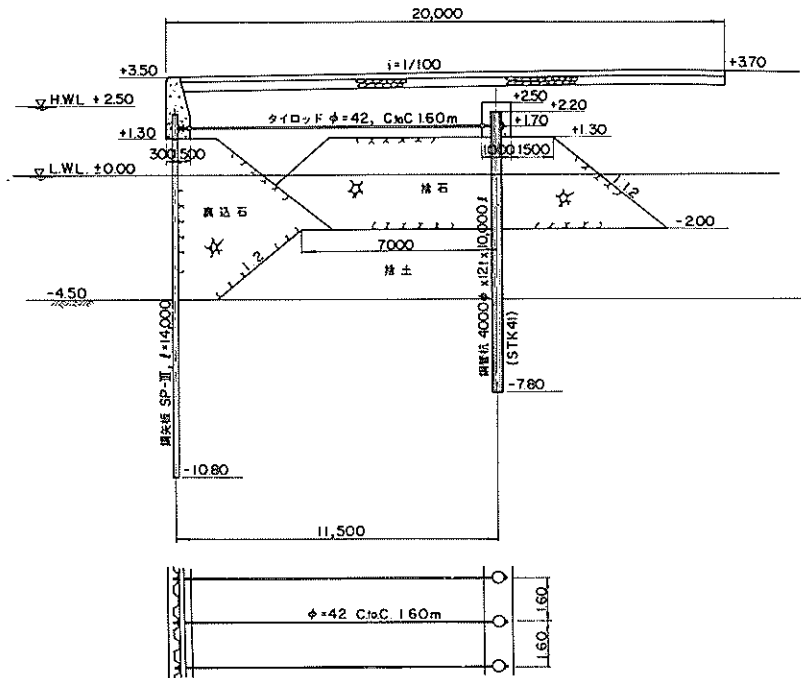


図-4.5 鋼矢板式 - 4.50 m岸壁標準断面図

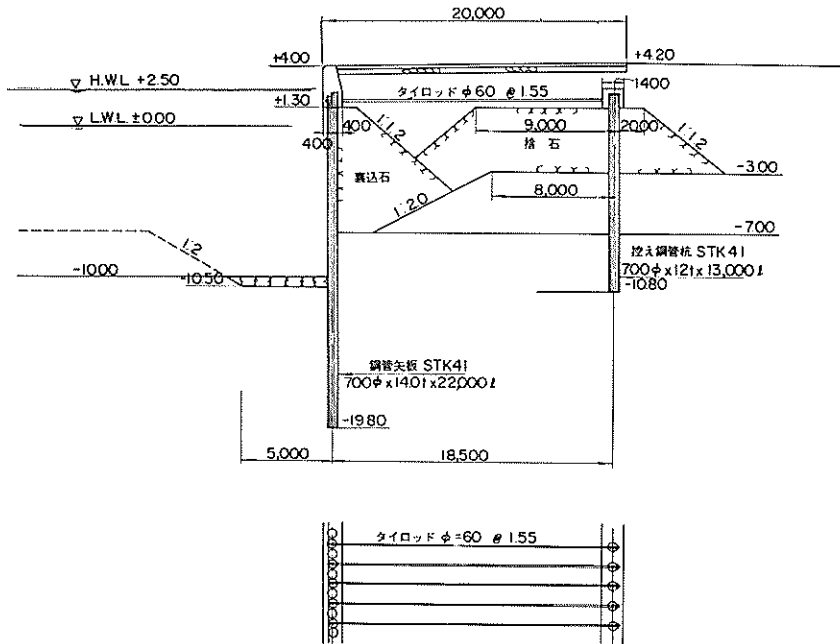


図-4.6 鋼矢板式 - 10.0 m岸壁標準断面図

表-4.9 矢板式係船標準断面一覽表

ケースNo	設計				仕様				標準断面				杭						
	計水深 (m)	計土深 (m)	土質	設計水位 (m)	天端高 (m)	残水位 (m)	設置位置 (m)	設計	前断面 (φmm×t mm)	失断面 (φmm×t mm)	根入れ長 (m)	直徑 φ (mm)	タイロッド断面 A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> )	鋼材名	断面 (φmm×t mm)	二次モーメント (cm <sup>4</sup> /m)	杭位置 (m)	杭位置 (m)	根入れ長 (m)
B-1	-4.5		砂質土	+0.50	+1.50	+0.30	0.10	SP-I		494	-8.00	38	9.893	STK41	400×90	1011.8	100		8.678
B-2	"	"	"	"	"	"	0.20	SP-I		"	-11.00	"	"	"	400×120	1333.1	120		9.711
B-3	"	"	"	+2.50	+3.50	+1.70	0.10	SP-III		1286	-1.050	42	12.25	"	"	"	11.5		9.458
B-4	"	"	"	"	"	"	0.20	SP-III		"	-1.400	"	"	"	"	"	13.5		9.831
B-5	"	"	粘性土	+0.50	+1.50	+0.30	0.10	SP-I		494	-7.50	38	9.893	"	400×90	1011.8	100		8.678
B-6	"	"	"	"	"	"	0.20	SP-I		"	-8.50	"	"	"	400×120	1333.1	120		9.711
B-7	"	"	"	+2.50	+3.50	+1.70	0.10	SP-III		1286	-1.300	42	12.25	"	"	"	11.5		9.458
B-8	"	"	"	"	"	"	0.20	SP-III		"	-1.500	"	"	"	"	"	12.0		9.831
E-1	-1.00		砂質土	+0.50	+2.00	+0.30	0.10	Z-32		3085	-1.750	48	16.251	"	500×120	2121.6	160		10.809
E-2	"	"	"	"	"	"	0.20	Z-38		3670	-2.350	60	25.954	"	600×150	3032.8	195		12.05
E-3	"	"	"	+2.50	+4.00	+1.70	0.10	STK41	700×14	7020	-1.850	60	30.664	"	700×120	4246.5	185		12.830
E-4	"	"	"	"	"	"	0.20	"	800×16	8170	-2.650	65	30.664	"	700×160	5609.6	215		14.618
E-5	"	"	粘性土	+0.50	+2.00	+0.30	0.10	Z-38		3670	-1.850	48	16.251	"	600×90	2329.5	175		10.698
E-6	"	"	"	"	"	"	0.20	"	"	"	-2.450	50	17.712	"	700×90	3191.6	220		11.876
E-7	"	"	"	+2.50	+4.00	+1.70	0.10	STK41	800×16	8170	-2.650	65	30.664	"	700×160	5609.6	200		14.039
E-8	"	"	"	"	"	"	0.20	"	1000×14		-3.250	52	19.234	"	700×90	3191.6	235		12.018



- i) 前面矢板の根入れに対する検討
- ii) 前面矢板の断面の検討
- iii) タイロッド断面の検討
- iv) 控え直杭の断面の検討
- v) 円形すべりに対する検討

i) 前面矢板の根入れに対する検討

前面矢板の根入れに対しては、積載荷重の変化に伴う主働土圧の変化を計算し、矢板の根入れの安全率

安全率 =  $\frac{\text{タイロッド取付点に対する受働土圧のモーメント}}{\text{タイロッド取付点に対する主働土圧、水圧のモーメント}}$  から求めた。積載荷重と前面矢板の根入れの安全率の関係は表-4.10及び表-4.11の通りである。

ii) 前面矢板の断面の検討

前面矢板の断面に対しては、積載荷重の変化による最大曲げモーメントの変化を計算し、矢板に働く最大の応力度を求めて、その応力度と許容応力度との比（「応力度比」と名付ける）、つまり

$$\text{応力度比} = \frac{\text{許容応力度}}{\text{最大応力度}}$$

を計算した。

積載荷重と応力度比の関係を表-4.12及び表-4.13に示す。

iii) タイロッド断面の検討

タイロッドについても同様に、タイロッドに働く張力を計算し、その張力から応力度を計算して許容応力度との応力度比を求めた。積載荷重とタイロッドの応力度比との関係を表-4.14及び表-4.15に示す。

iv) 控え直杭の断面の検討

控え直杭の断面についても、控え直杭に働く最大曲げモーメントから応力度を計算し、許容応力度との応力度比を求めた。

その結果は表-4.16及び表-4.17の通りである。

v) 円形すべりに対する検討

円形すべりに対する検討は、港研の計算プログラムライブラリーを使用して行った。一般には検討されていないが上載荷重による影響度を調査するという目的から、地震時についても、円形すべりの計算を行い、積載荷重と円形すべりに対する安全率を求めた。積載荷重と円形すべりの関係は表-4.18及び表-4.19の通りである。

表-4.10 矢板式係船岸の前面矢板根入れの安全率（計画水深 - 4.5 m）

検討項目 常時・地震時 橋脚水深 (t/m) ケース	前面矢板根入れの安全率										設計条件					
	常時					地震時					計画水深 (m)	土質 条件	設計 潮位 (m)	天端 高 (m)	残留 水位 (m)	設計 震度
	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0						
B-1	2.24	2.04	1.87	1.73	1.61	1.29	1.17	1.07	0.99	0.92	-4.5	砂質土	+0.50	+1.50	+0.30	0.10
B-2	4.33	4.00	3.71	3.46	3.25	1.23	1.13	1.05	0.97	0.91	"	"	+0.50	+1.50	+0.30	0.20
B-3	2.05	1.89	1.86	1.77	1.69	1.28	1.21	1.15	1.09	1.04	"	"	+2.50	+3.50	+1.70	0.10
B-4	3.71	3.54	3.39	3.25	3.12	1.20	1.13	1.08	1.03	0.98	"	"	+2.50	+3.50	+1.70	0.20
B-5	1.38	1.24	1.13	1.03	0.95	1.26	1.13	1.00	0.85	0.74	"	粘性土	+0.50	+1.50	+0.30	0.10
B-6	1.63	1.48	1.35	1.24	1.15	1.25	1.02	0.82	0.65	0.44	"	"	+0.50	+1.50	+0.30	0.20
B-7	1.31	1.24	1.17	1.11	1.06	1.21	1.12	1.03	0.95	0.85	"	"	+2.50	+3.50	+1.70	0.10
B-8	1.52	1.44	1.37	1.30	1.24	1.20	1.03	0.85	0.36	1.18	"	"	+2.50	+3.50	+1.70	0.20

表-4.11 矢板式係船岸の前面矢板根入れの安全率（計画水深 - 10.0 m）

検討項目 常時・地震時 橋脚水深 (t/m) ケース	前面矢板根入れの安全率										設計条件					
	常時					地震時					計画水深 (m)	土質 条件	設計 潮位 (m)	天端 高 (m)	残留 水位 (m)	設計 震度
	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5						
E-1	2.37	2.24	2.12	2.02	1.92	1.38	1.30	1.23	1.17	1.11	-10.0	砂質土	+0.50	+2.00	+0.30	0.10
E-2	4.61	4.40	4.21	4.04	3.88	1.30	1.24	1.18	1.13	1.09	"	"	+0.50	+2.00	+0.30	0.20
E-3	2.17	2.09	2.02	1.95	1.88	1.34	1.28	1.23	1.18	1.14	"	"	+2.50	+4.00	+1.70	0.10
E-4	4.09	3.96	3.84	3.72	3.61	1.26	1.22	1.17	1.13	1.10	"	"	+2.50	+4.00	+1.70	0.20
E-5	1.37	1.29	1.21	1.15	1.09	1.38	1.24	1.11	1.01	0.92	"	粘性土	+0.50	+2.00	+0.30	0.10
E-6	1.65	1.57	1.49	1.42	1.35	1.38	1.21	1.05	0.91	0.76	"	"	+0.50	+2.00	+0.30	0.20
E-7	1.32	1.27	1.22	1.17	1.13	1.28	1.20	1.13	1.06	0.99	"	"	+2.50	+4.00	+1.70	0.10
E-8	1.53	1.47	1.42	1.37	1.32	1.30	1.20	1.09	0.74	1.31	"	"	+2.50	+4.00	+1.70	0.20

表-4.12 矢板式係船岸の前面矢板断面の応力度比(計画水深-4.5m)

検討項目 常時・地震時 橋脚断面 (t/m) ケース	前面矢板断面の応力度比										設計条件					
	常時					地震時					計画水深 (m)	土質条件	設計潮位 (m)	天端 高(m)	残留水位 (m)	設計震度
	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0						
B-1	1.94	1.71	1.53	1.39	1.27	2.13	1.88	1.68	1.52	1.47	-4.5	砂質土	+0.50	+1.50	+0.30	0.10
B-2	1.94	1.71	1.53	1.39	1.27	1.51	1.33	1.19	1.07	0.98	"	"	+0.50	+1.50	+0.30	0.20
B-3	1.44	1.36	1.29	1.22	1.16	1.81	1.69	1.59	1.50	1.42	"	"	+2.50	+3.50	+1.70	0.10
B-4	1.44	1.36	1.29	1.22	1.16	1.45	1.35	1.26	1.18	1.11	"	"	+2.50	+3.50	+1.70	0.20
B-5	1.94	1.71	1.53	1.39	1.27	2.13	1.88	1.68	1.52	1.47	"	粘性土	+0.50	+1.50	+0.30	0.10
B-6	1.94	1.71	1.53	1.39	1.27	1.51	1.33	1.19	1.07	0.98	"	"	+0.50	+1.50	+0.30	0.20
B-7	1.44	1.36	1.29	1.22	1.16	1.81	1.69	1.59	1.50	1.42	"	"	+2.50	+3.50	+1.70	0.10
B-8	1.44	1.36	1.29	1.22	1.16	1.45	1.35	1.26	1.18	1.11	"	"	+2.50	+3.50	+1.70	0.20

表-4.13 矢板式係船岸の前面矢板断面の応力度比(計画水深-10.0m)

検討項目 常時・地震時 橋脚断面 (t/m) ケース	前面矢板断面の応力度比										設計条件					
	常時					地震時					計画水深 (m)	土質条件	設計潮位 (m)	天端 高(m)	残留水位 (m)	設計震度
	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5						
E-1	1.40	1.29	1.19	1.11	1.04	1.54	1.41	1.30	1.20	1.12	-10.0	砂質土	+0.50	+2.00	+0.30	0.10
E-2	1.67	1.53	1.42	1.32	1.24	1.22	1.12	1.03	0.95	0.89	"	"	+0.50	+2.00	+0.30	0.20
E-3	1.08	1.03	0.98	0.94	0.90	1.30	1.23	1.16	1.11	1.05	"	"	+2.50	+4.00	+1.70	0.10
E-4	1.26	1.20	1.14	1.09	1.05	1.11	1.04	0.99	0.93	0.89	"	"	+2.50	+4.00	+1.70	0.20
E-5	1.38	1.27	1.17	1.09	1.02	1.77	1.55	1.38	1.24	1.12	"	粘性土	+0.50	+2.00	+0.30	0.10
E-6	1.38	1.27	1.17	1.09	1.02	1.17	1.02	0.89	0.77	0.64	"	"	+0.50	+2.00	+0.30	0.20
E-7	1.13	1.07	1.02	0.98	0.93	1.40	1.29	1.20	1.12	1.05	"	"	+2.50	+4.00	+1.70	0.10
E-8	1.26	1.20	1.14	1.09	1.04	1.13	1.02	0.91	0.59	1.00	"	"	+2.50	+4.00	+1.70	0.20

表-4.14 矢板式係船岸のタイロッド断面の応力度比(計画水深-4.5m)

検討項目 常時・地震時 橋脚断面 (t/m) ケース	タイロッドの応力度比										設計条件					
	常時					地震時					計画水深 (m)	土質条件	設計潮位 (m)	天端 高(m)	残留水位 (m)	設計震度
	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0						
B-1	1.36	1.12	0.95	0.82	0.73	1.58	1.30	1.10	0.95	0.89	-4.5	砂質土	+0.50	+1.50	+0.30	0.10
B-2	1.36	1.12	0.95	0.82	0.73	1.19	0.98	0.83	0.72	0.64	"	"	+0.50	+1.50	+0.30	0.20
B-3	1.38	1.23	1.11	1.01	0.92	1.75	1.55	1.38	1.25	1.14	"	"	+2.50	+3.50	+1.70	0.10
B-4	1.38	1.23	1.11	1.01	0.92	1.44	1.27	1.13	1.02	0.93	"	"	+2.50	+3.50	+1.70	0.20
B-5	1.36	1.12	0.95	0.82	0.73	1.58	1.30	1.10	0.95	0.89	"	粘性土	+0.50	+1.50	+0.30	0.10
B-6	1.36	1.12	0.95	0.82	0.73	1.19	0.98	0.83	0.72	0.64	"	"	+0.50	+1.50	+0.30	0.20
B-7	1.38	1.23	1.11	1.01	0.92	1.75	1.55	1.38	1.25	1.14	"	"	+0.50	+3.50	+1.70	0.10
B-8	1.38	1.23	1.11	1.01	0.92	1.44	1.27	1.13	1.02	0.93	"	"	+2.50	+3.50	+1.70	0.20

表-4.15 矢板式係船岸のタイロッド断面の応力度比(計画水深-10.0m)

検討項目 常時・地震時 係船岸 (t/m) ケース	タイロッド断面の応力度比										設計条件					
	常時					地震時					計画水深 (m)	土質 条件	設計 潮位 (m)	天端 高 (m)	残留 水位 (m)	設計 震度
	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5						
E-1	1.41	1.24	1.11	1.00	0.91	1.66	1.45	1.29	1.16	1.06	-10.0	砂質土	+0.50	+2.00	+0.30	0.10
E-2	1.41	1.24	1.11	1.00	0.91	1.16	1.02	0.91	0.83	0.75	"	"	+0.50	+2.00	+0.30	0.20
E-3	1.21	1.12	1.04	0.97	0.91	1.54	1.41	1.30	1.20	1.12	"	"	+2.50	+4.00	+1.70	0.10
E-4	1.27	1.18	1.09	1.02	0.95	1.25	1.14	1.05	0.97	0.91	"	"	+2.50	+4.00	+1.70	0.20
E-5	1.28	1.13	1.01	0.92	0.84	1.63	1.40	1.22	1.08	0.99	"	粘性土	+0.50	+2.00	+0.30	0.10
E-6	1.39	1.23	1.10	1.00	0.91	1.24	1.06	0.92	0.81	0.68	"	"	+0.50	+2.00	+0.30	0.20
E-7	1.20	1.11	1.03	0.96	0.90	1.55	1.40	1.28	1.18	1.09	"	"	+2.50	+4.00	+1.70	0.10
E-8	1.23	1.13	1.05	0.98	0.92	1.21	1.09	0.97	0.69	0.87	"	"	+2.50	+4.00	+1.70	0.20

表-4.16 矢板式係船岸の控え直杭断面の応力度比(計画水深-4.5m)

検討項目 常時・地震時 係船岸 (t/m) ケース	控え直杭の応力度比										設計条件					
	常時					地震時					計画水深 (m)	土質 条件	設計 潮位 (m)	天端 高 (m)	残留 水位 (m)	設計 震度
	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0						
B-1	1.27	1.00	0.82	0.69	0.60	1.42	1.10	0.90	0.76	0.70	-4.5	砂質土	+0.50	+1.50	+0.30	0.10
B-2	1.58	1.25	1.02	0.86	0.74	1.23	0.98	0.80	0.68	0.59	"	"	+0.50	+1.50	+0.30	0.20
B-3	1.24	1.08	0.95	0.85	0.77	1.52	1.31	1.15	1.02	0.92	"	"	+2.50	+3.50	+1.70	0.10
B-4	1.24	1.08	0.95	0.85	0.77	1.21	1.03	0.90	0.80	0.71	"	"	+2.50	+3.50	+1.70	0.20
B-5	1.27	1.00	0.82	0.69	0.60	1.42	1.10	0.90	0.76	0.70	"	粘性土	+0.50	+1.50	+0.30	0.10
B-6	1.58	1.25	1.02	0.86	0.74	1.23	0.98	0.80	0.68	0.59	"	"	+0.50	+1.50	+0.30	0.20
B-7	1.24	1.08	0.95	0.85	0.77	1.52	1.31	1.15	1.02	0.92	"	"	+2.50	+3.50	+1.70	0.10
B-8	1.24	1.08	0.95	0.85	0.77	1.21	1.03	0.90	0.80	0.71	"	"	+2.50	+3.50	+1.70	0.20

表-4.17 矢板式係船岸の控え直杭断面の応力度比(計画水深-10.0m)

検討項目 常時・地震時 係船岸 (t/m) ケース	控え直杭の応力度比										設計条件					
	常時					地震時					計画水深 (m)	土質 条件	設計 潮位 (m)	天端 高 (m)	残留 水位 (m)	設計 震度
	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5						
E-1	1.38	1.18	1.03	0.91	0.82	1.54	1.31	1.14	1.01	0.90	-10.0	砂質土	+0.50	+2.00	+0.30	0.10
E-2	1.93	1.66	1.45	1.28	1.15	1.41	1.21	1.06	0.94	0.84	"	"	+0.50	+2.00	+0.30	0.20
E-3	1.22	1.11	1.01	0.93	0.86	1.50	1.35	1.22	1.11	1.02	"	"	+2.50	+4.00	+1.70	0.10
E-4	1.33	1.21	1.10	1.01	0.94	1.20	1.07	0.97	0.88	0.81	"	"	+2.50	+4.00	+1.70	0.20
E-5	1.37	1.18	1.03	0.92	0.82	1.69	1.40	1.19	1.03	0.91	"	粘性土	+0.50	+2.00	+0.30	0.10
E-6	1.81	1.56	1.37	1.22	1.09	1.45	1.21	1.02	0.87	0.71	"	"	+0.50	+2.00	+0.30	0.20
E-7	1.24	1.13	1.03	0.95	0.88	1.55	1.37	1.23	1.12	1.02	"	"	+2.50	+4.00	+1.70	0.10
E-8	1.42	1.29	1.18	1.08	1.00	1.28	1.12	0.99	0.65	0.86	"	"	+2.50	+4.00	+1.70	0.20

表-4.18 矢板式係船岸の円形すべりに対する安全率(計画水深-4.5m)

検討項目 岸時・地震時 積載荷重 (t/m) ケース別	円形すべりに対する安全率										設計条件					
	常時					地震時					計画水深 (m)	土質条件	設計潮位 (m)	天端 高(m)	残留水位 (m)	設計震度
	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0						
B-1	1.34	1.26	1.19	1.13	1.09	1.07	1.03	0.99	0.96	0.94	-4.5	砂質土	+0.50	+1.50	+0.30	0.10
B-2	1.91	1.77	1.66	1.57	1.49	1.05	1.02	1.00	0.98	0.96	"	"	+0.50	+1.50	+0.30	0.20
B-3	1.29	1.24	1.19	1.16	1.12	1.05	1.02	1.00	0.97	0.95	"	"	+2.50	+3.50	+1.70	0.10
B-4	1.88	1.79	1.71	1.64	1.59	1.04	1.02	1.00	0.99	0.98	"	"	+2.50	+3.50	+1.70	0.20
B-5	1.83	1.63	1.47	1.35	1.24	1.49	1.36	1.25	1.16	1.08	"	粘性土	+0.50	+1.50	+0.30	0.10
B-6	2.06	1.83	1.64	1.50	1.38	1.17	1.10	1.04	0.98	0.93	"	"	+0.50	+1.50	+0.30	0.20
B-7	1.72	1.58	1.47	1.37	1.28	1.26	1.18	1.12	1.06	1.01	"	"	+2.50	+3.50	+1.70	0.10
B-8	2.01	1.85	1.71	1.59	1.49	0.95	0.91	0.87	0.84	0.81	"	"	+2.50	+3.50	+1.70	0.20

表-4.19 矢板式係船岸の円形すべりに対する安全率(計画水深-10.0m)

検討項目 岸時・地震時 積載荷重 (t/m) ケース別	円形すべりに対する安全率										設計条件					
	常時					地震時					計画水深 (m)	土質条件	設計潮位 (m)	天端 高(m)	残留水位 (m)	設計震度
	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5						
E-1	1.47	1.41	1.37	1.33	1.29	1.17	1.14	1.11	1.09	1.06	-10.0	砂質土	+0.50	+2.00	+0.30	0.10
E-2	2.12	2.03	1.95	1.87	1.81	1.09	1.07	1.06	1.05	1.04	"	"	+0.50	+2.00	+0.30	0.20
E-3	1.42	1.38	1.34	1.31	1.28	1.13	1.11	1.09	1.07	1.05	"	"	+2.50	+4.00	+1.70	0.10
E-4	2.01	1.94	1.88	1.83	1.78	1.06	1.05	1.04	1.03	1.02	"	"	+2.50	+4.00	+1.70	0.20
E-5	1.93	1.79	1.66	1.55	1.46	1.39	1.33	1.24	1.18	1.13	"	粘性土	+0.50	+2.00	+0.30	0.10
E-6	2.25	2.09	1.94	1.82	1.71	1.03	0.99	0.95	0.92	0.88	"	"	+0.50	+2.00	+0.30	0.20
E-7	1.81	1.70	1.61	1.53	1.45	1.23	1.18	1.13	1.09	1.05	"	"	+2.50	+4.00	+1.70	0.10
E-8	2.08	1.96	1.86	1.76	1.68	0.94	0.91	0.89	0.86	0.84	"	"	+2.50	+4.00	+1.70	0.20

(3) 横さん橋式係船岸の安定計算結果

(a) 標準断面の設計

横さん橋式係船岸については -4.5 m さん橋 4 ケース、-10.0 m さん橋 8 ケースの合計 12 ケースについて標準断面の設計を行った。さん橋ブロックの大きさ、杭間隔及び杭列間隔は設計条件等を考慮し、-4.5 m さん橋の場合は 2 種類、-10.0 m の場合は 1 種類に統一した諸元を用いた(図-4.7(a)-(c)参照)。設計条件の概要は前節に示した通りである。また、設計方法は「港湾構造物設計基準」に記載されている方法を用いた。

このような種々の設計条件で設計された標準断面は表-4.20 に示す通りである。なお、杭の断面は、一番大きな曲げモーメントが作用する陸側の断面に全て統一されている。

なお、代表的な横さん橋式係船岸の標準断面図は図-4.8 及び 図-4.9 の通りである。

(b) 標準断面の安定計算結果

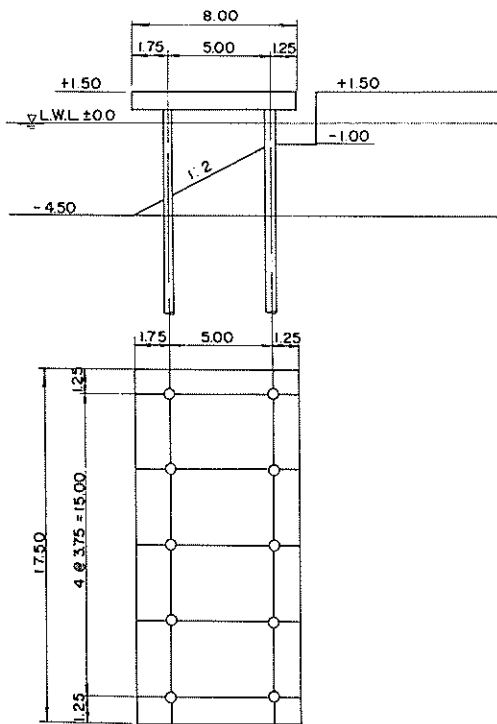
各々の標準断面について、杭の支持力及び杭断面の 2 つの安定計算項目に対し、積載荷重の大きさを变化させて安定計算を行い、積載荷重と安全率あるいは応力度比との関係を求めた。

i) 杭の支持力に対する検討

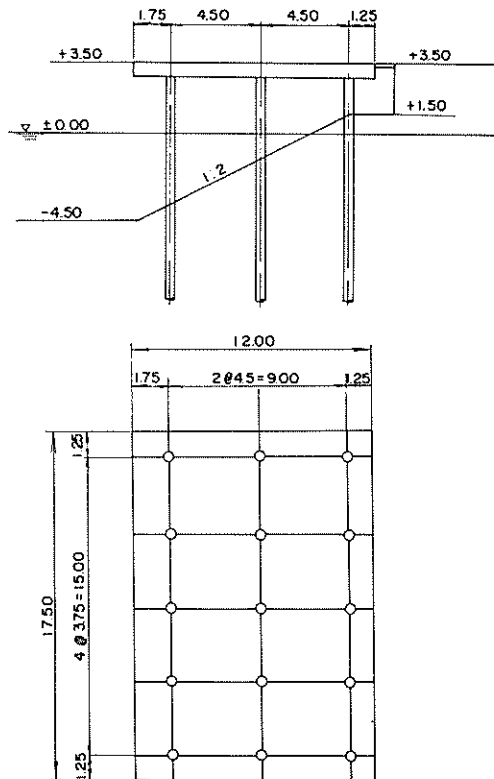
標準断面に働く積載荷重の大きさを变化させて杭に働く軸力を計算し、極限支持力との比(安全率)を求めた。杭に働く軸力はそれぞれの杭が受け持つ上部工の大きさ、あるいは常時・地震時によって異なるので、最も安全率が小さくなる杭を選んで、表-4.21 及び表-4.22 にまとめた。

ii) 杭の断面に対する検討

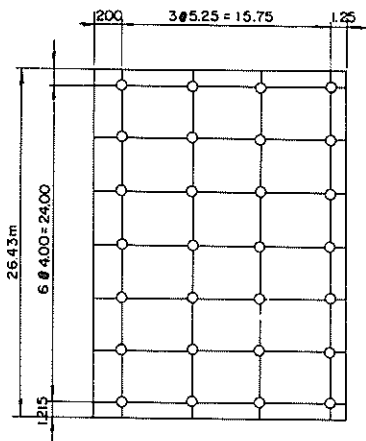
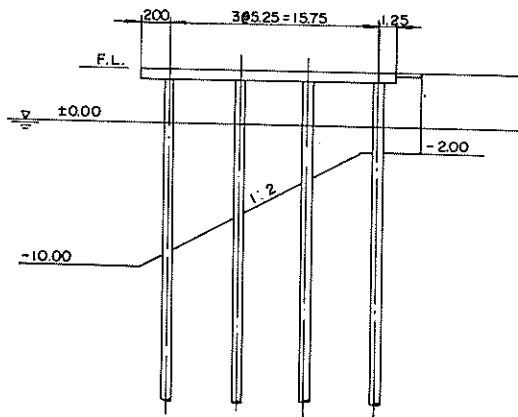
i) の場合と同様の方法で杭に働く断面応力を計算し、許容応力度との比(応力度比)を求めた。杭の断面の応力度比の場合も応力度比が最も小さくなる杭は常時・地震時それぞれで異なるので、最も応力度比が小さくなる杭を選んで表-4.23 及び表-4.24 にまとめた。



(a) 2列(-4.5 m)



(b) 3列(-4.5 m)



(c) 4列(-10.0 m)

図-4.7 さん橋の杭間隔及び杭列間隔

#### 4.4 各係船岸に及ぼす積載荷重の影響度

前節において、L型ブロック式、矢板式、横さん橋式の三種類の係船岸について、標準断面の設計を行い、さらに各々の断面について、積載荷重(等分布積載荷重)を変化させて安定計算を行い、各安定計算検討項目について、積載荷重と安全率等の関係を求めた。

本節では、これら積載荷重と安全率等の関係から、係船岸の基本断面に及ぼす積載荷重の影響度について、考察した。

##### (1) L型ブロック式係船岸

計画水深、設計震度、裏込材の内部摩擦角、天端高を変化させて求めた14ケースの標準断面について、滑動及び地盤の支持力に対する安全率と積載荷重の関係を常時、

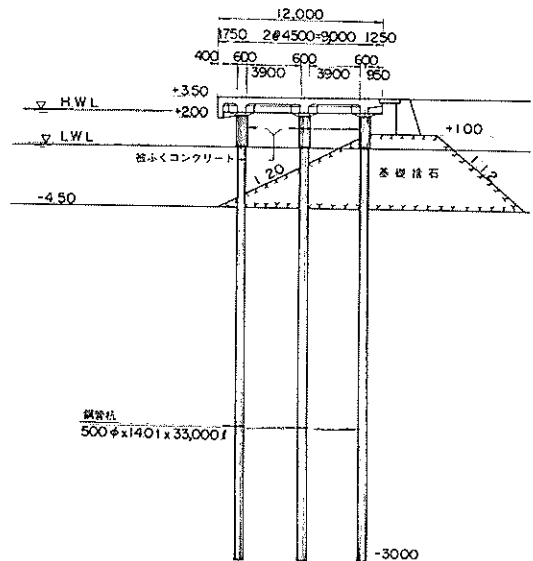


図-4.8 横棧橋式 - 4.5 m岸壁標準断面図

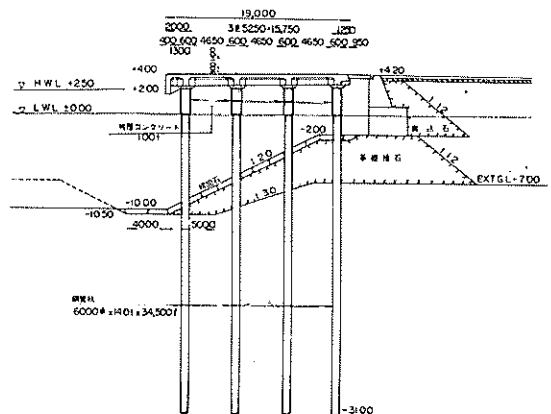


図-4.9 横棧橋式 - 10.0 m岸壁標準断面図

地震時別に示したのが図-4.10(a)-(g)(計画水深-4.5 m)及び、図-4.11(a)-(g)(計画水深-10.0 m)である。

滑動及び地盤の支持力に対する安全率と積載荷重の関係は図からわかるように、わずかに下に凸の曲線(これを影響曲線と名付ける)であらわされるが、どの場合も、積載荷重の増加によって安全率はほぼ正比例に減少していくと考えると差し支えない。しかしながら、滑動及び地盤の支持力に対する安全率の大きさや積載荷重の増大による安全率の減少の割合は、各々のケースによってかなり異なっていることがわかる。

安全率の大きさについて、調べてみると、設計条件の

積載荷重の大きさ（計画水深 - 4.5 m の場合常時 2.0 t/m<sup>2</sup>、地震時 1.0 t/m<sup>2</sup>、計画水深 - 10.0 m の場合常時 3.0 t/m<sup>2</sup>、地震時 1.5 t/m<sup>2</sup>）において、規定の安全率の大きさ（滑動に対して常時 1.2、地震時 1.0、また、地盤の支持力に対して常時、地震時とも 1.0）とかなりかけ離れている場合がある。標準断面が、与えられた設計条件に対し、規定の安全率の大きさを満足するように決定されていることを考えると、設計条件の積載荷重の大きさでは、滑動あるいは地盤の支持力に対する安全率が、さらに、常時あるいは地震時のいずれかにおいて、ほぼ規定の安全率となっており、それ以外の検討項目は、規定の安全率より大きくなっていないなければならない。しかしながら、

図を見ると、滑動に対する安全率や地盤の支持力に対する安全率が、規定の安全率の大きさを僅かに下まわる場合があったり、逆に、どの安全率も上まわったりする場合が生じている。この理由の中には、

- ① 標準断面の設計は自動設計プログラムによっている。一方、積載荷重を変化させて安定計算を行い、安全率を求めるのは、手計算によっている。したがって、両者の検討には細部の段階で異なっており一致しない。
- ② 地盤の支持力に対する検討は、自動設計プログラムでは二層系偏心傾斜荷重によっており、一方、手計算の方は荷重分散法を用いているので、両者は一

表-4.20 さん橋式係船岸標準断面一覧表

ケースNo	設 計 条 件						標 準 断 面					
	計画水深 (m)	土質条件	設計潮位 (m)	天端高 (m)	残留水位 (m)	設計震度	脚 柱 諸 元			杭 の 位 置		
							$\phi \times t$ (mm)	$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	Z (cm <sup>2</sup> )	根入れ (m)	法線直角方向 (m)	法線方向 (m)
C-1	-4.5	砂質土	+0.50	+1.50	+0.20	0.20	500×12	183.97	2191.9	-28.0	1.75+5.00+1.25	1.25+4×3.75+1.25
C-2	"	"	+2.50	+3.50	+0.80	"	500×14	213.75	2526.5	-30.0	1.75+2×4.5+1.25	"
C-3	"	粘性土	+0.50	+1.50	+0.20	"	500×12	183.97	2191.9	"	1.75+5.00+1.25	"
C-4	"	"	+2.50	+3.50	+0.80	"	600×12	221.67	3194.7	-25.0	1.75+2×4.5+1.25	"
F-1	-10.0	砂質土	+0.50	+2.00	+0.20	0.10	600×12	221.67	3194.7	-31.0	2.00+3×5.25+1.25	1.215+6×4.00+1.215
F-2	"	"	"	"	"	0.20	700×16	343.82	5748.0	-30.0	"	"
F-3	"	"	+2.50	+4.00	+0.80	0.10	600×14	257.74	3689.8	-31.0	"	"
F-4	"	"	"	"	"	0.20	800×14	345.70	6676.3	-20.0	"	"
F-5	"	粘性土	+0.50	+2.00	+0.20	0.10	600×12	221.67	3194.7	-45.0	"	"
F-6	"	"	"	"	"	0.20	800×14	345.70	6676.3	-40.0	"	"
F-7	"	"	+2.50	+4.00	+0.80	0.10	600×14	257.74	3689.8	-45.0	"	"
F-8	"	"	"	"	"	0.20	900×12	334.77	7334.1	-30.0	"	"

表-4.21 横さん橋式係船岸の杭の支持力に対する安全率（計画水深 - 4.5 m）

検討項目 常時・地震時 積載荷重 (t/m <sup>2</sup> ) ケースNo	杭の支持力に対する安全率										設 計 条 件					
	常 時					地 震 度					計画水深 (m)	土質条件	設計潮位 (m)	天端高 (m)	残留水位 (m)	設計震度
	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0						
C-1	3.57	2.61	2.05	1.69	1.44	2.76	2.02	1.53	1.31	1.12	-4.5	砂質土	+0.50	+1.50	+0.20	0.20
C-2	3.59	2.62	2.06	1.70	1.45	3.21	2.36	1.87	1.55	1.32	"	"	+2.50	+3.50	+0.80	0.20
C-3	3.57	2.60	2.05	1.69	1.44	2.68	1.96	1.54	1.27	1.08	"	粘性土	+0.50	+1.50	+0.20	0.20
C-4	3.47	2.53	2.00	1.64	1.40	2.98	2.19	1.74	1.44	1.23	"	"	+2.50	+3.50	+0.80	0.20

表-4.22 横さん橋式係船岸の杭の支持力に対する安全率（計画水深-10.0 m）

検討項目 常時・地震時 積載荷重 (t/m) ケース別	杭の支持力に対する安全率										設計条件					
	常時					地震時					計画水深 (m)	土質条件	設計潮位 (m)	天端高 (m)	残留水位 (m)	設計震度
	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5						
F-1	5.05	3.68	2.90	2.39	2.03	5.67	3.98	3.07	2.50	2.10	-10.0	砂質土	+0.50	+2.00	+0.20	0.10
F-2	4.40	3.21	2.53	2.09	1.77	4.40	3.06	2.34	1.90	1.59	"	"	+0.50	+2.00	+0.20	0.20
F-3	5.05	3.68	2.90	2.39	2.03	5.53	3.88	2.99	2.43	2.05	"	"	+2.50	+4.00	+0.80	0.10
F-4	4.59	3.35	2.64	2.17	1.85	4.37	3.06	2.35	1.91	1.61	"	"	+2.50	+4.00	+0.80	0.20
F-5	4.74	3.46	2.73	2.25	1.91	5.21	3.66	2.82	2.29	1.93	"	粘性土	+0.50	+2.00	+0.20	0.10
F-6	4.84	3.53	2.78	2.29	1.95	4.66	3.26	2.50	2.03	1.71	"	"	+0.50	+2.00	+0.20	0.20
F-7	4.74	3.46	2.73	2.25	1.91	5.08	3.57	2.75	2.23	1.88	"	"	+2.50	+4.00	+0.80	0.10
F-8	4.58	3.34	2.63	2.17	1.84	4.18	2.92	2.24	1.82	1.53	"	"	+2.50	+4.00	+0.80	0.20

表-4.23 横さん橋式係船岸の杭断面の応力度比（計画水深-4.5 m）

検討項目 常時・地震時 積載荷重 (t/m) ケース別	杭断面の応力度比										設計条件					
	常時					地震時					計画水深 (m)	土質条件	設計潮位 (m)	天端高 (m)	残留水位 (m)	設計震度
	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0						
C-1	5.22	3.83	3.03	2.49	2.13	1.06	0.76	0.60	0.49	0.42	-4.5	砂質土	+0.50	+1.50	+0.20	0.20
C-2	6.26	4.63	3.67	3.04	2.60	1.20	0.87	0.68	0.56	0.48	"	"	+2.50	+3.50	+0.80	0.20
C-3	5.22	3.83	3.03	2.50	2.13	0.96	0.69	0.54	0.44	0.38	"	粘性土	+0.50	+1.50	+0.20	0.20
C-4	6.58	4.86	3.86	3.20	2.73	1.30	0.94	0.74	0.61	0.52	"	"	+2.50	+3.50	+0.80	0.20

表-4.24 横さん橋式係船岸の杭断面の応力度比（計画水深-10.0 m）

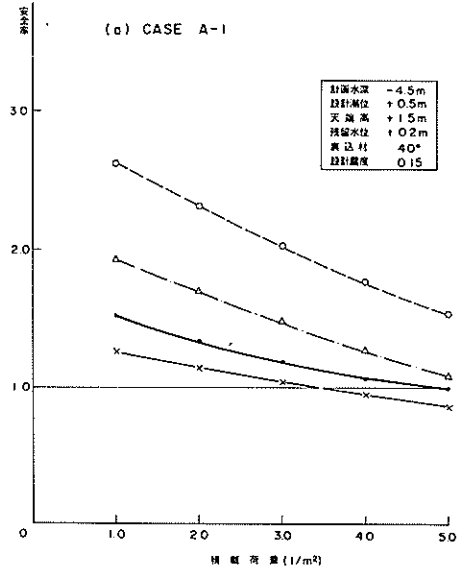
検討項目 常時・地震時 積載荷重 (t/m) ケース別	杭断面の応力度比										設計条件					
	常時					地震時					計画水深 (m)	土質条件	設計潮位 (m)	天端高 (m)	残留水位 (m)	設計震度
	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5						
F-1	4.69	3.48	2.77	2.30	1.97	1.55	1.07	0.87	0.66	0.55	-10.0	砂質土	+0.50	+2.00	+0.20	0.10
F-2	7.55	5.61	4.46	3.71	3.17	1.45	1.00	0.77	0.62	0.52	"	"	+0.50	+2.00	+0.20	0.20
F-3	5.12	3.81	3.02	2.51	2.15	1.60	1.10	0.84	0.68	0.57	"	"	+2.50	+4.00	+0.80	0.10
F-4	7.54	5.61	4.46	3.71	3.17	1.47	1.02	0.78	0.63	0.53	"	"	+2.50	+4.00	+0.80	0.20
F-5	4.69	3.48	2.77	2.30	1.97	1.51	1.04	0.79	0.64	0.53	"	粘性土	+0.50	+2.00	+0.20	0.10
F-6	7.78	5.79	4.61	3.82	3.27	1.58	1.09	0.84	0.68	0.57	"	"	+0.50	+2.00	+0.20	0.20
F-7	5.12	3.81	3.03	2.51	2.15	1.55	1.07	0.81	0.66	0.55	"	"	+2.50	+4.00	+0.80	0.10
F-8	7.48	5.56	4.43	3.67	3.14	1.53	1.06	0.81	0.65	0.55	"	"	+2.50	+4.00	+0.80	0.20

致しない。  
 など、根本的な理由があり、安全率の大きさを細く分析することには問題があると思われる。しかし、各々のケースを比較したり、滑動と地盤の支持力に対する安全率の大きさを比較検討する場合には、この程度の誤差は許容されると考えられるので、検討を進めていくことにする。

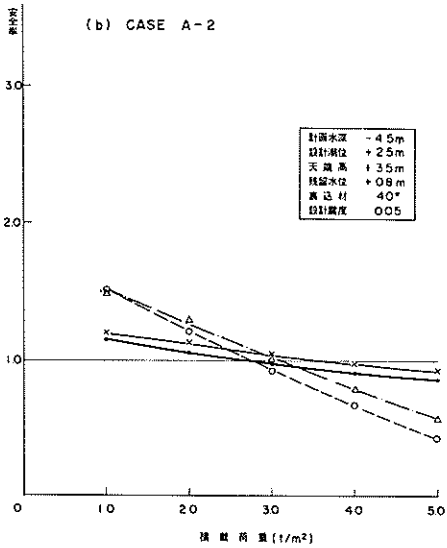
- (a) 計画水深-4.5 m（図-4.10）の場合  
 計画水深-4.5 mの場合の7ケースについて比較、検討してみると次のような特徴がある。
- ① 標準断面の決定はすべて滑動に対する安全率の検討から決定されており、地盤の支持力は設計条件の積載荷重の大きさでは、十分安全である。
  - ② 滑動に対する安全率の検討は、設計震度が0.05



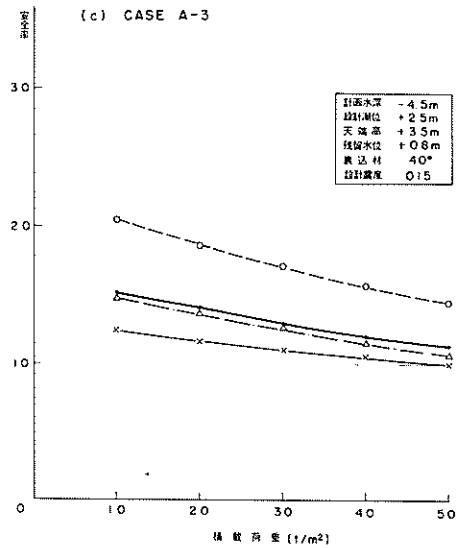
図-4.10 L型ブロック式係船岸の積載荷重と安全率の関係(計画水深-4.5m)



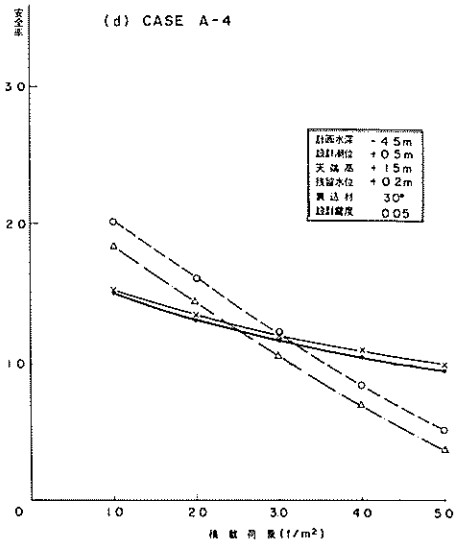
(a) CASE A-1



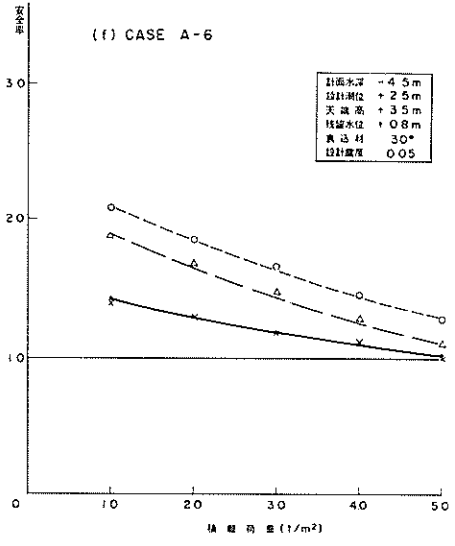
(b) CASE A-2



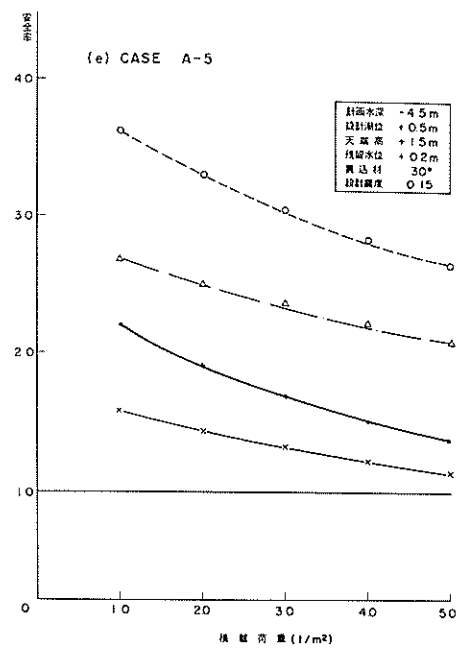
(c) CASE A-3



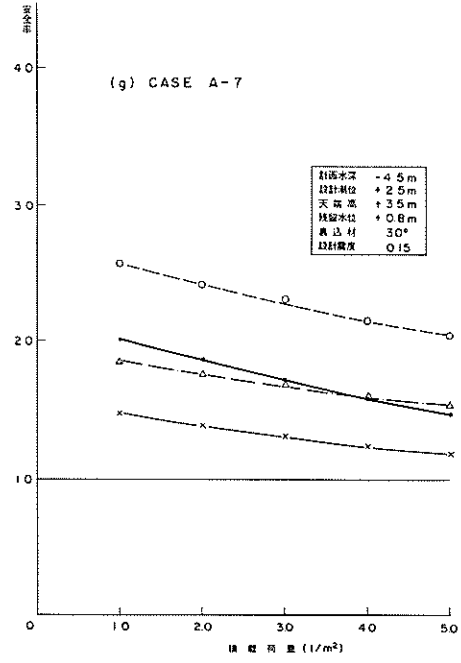
(d) CASE A-4



(f) CASE A-6

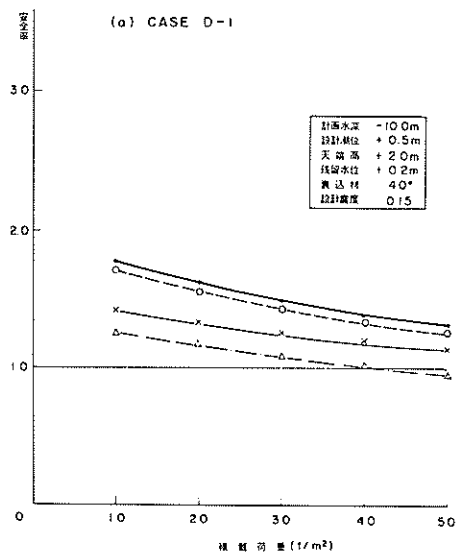
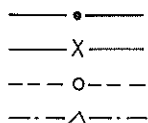


(e) CASE A-5

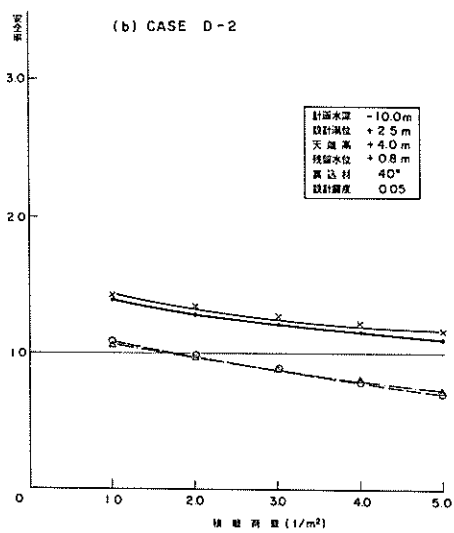


(g) CASE A-7

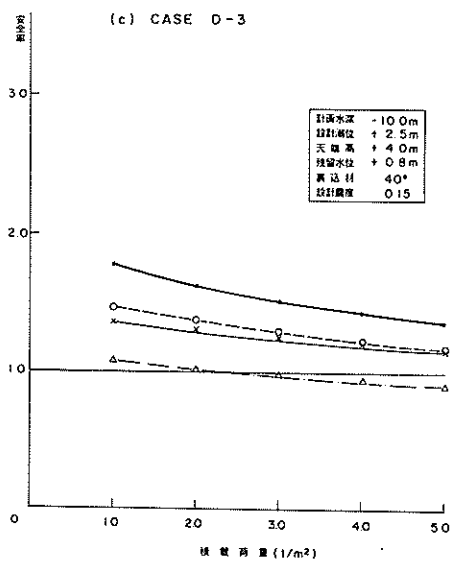
図-4.11 L型ブロック式係船岸の積載荷重と安全率の関係(計画水深-10.0m)



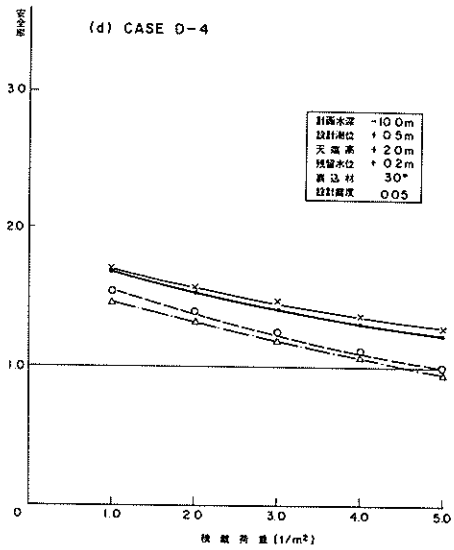
(a) CASE D-1



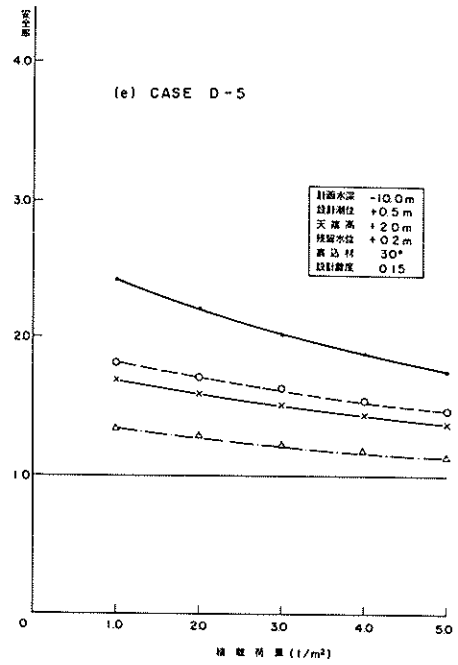
(b) CASE D-2



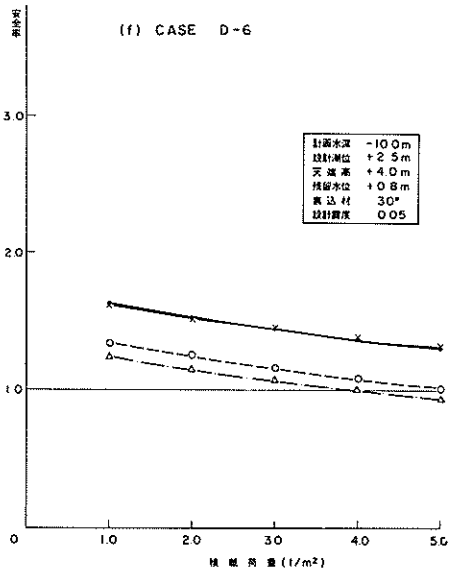
(c) CASE D-3



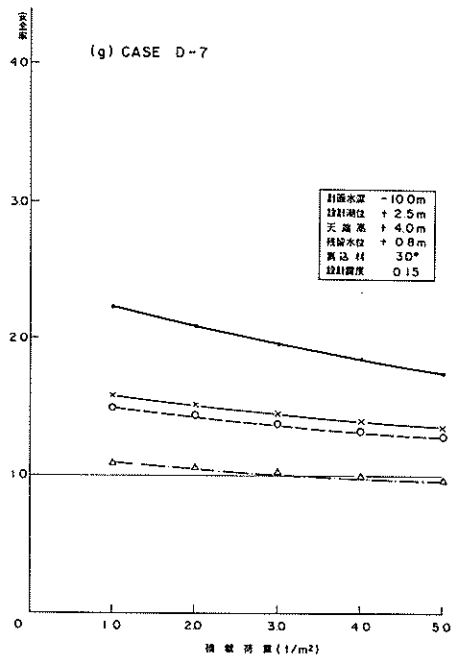
(d) CASE D-4



(e) CASE D-5



(f) CASE D-6



(g) CASE D-7

の場合は常時、地震時とほぼ同じか、常時に対する安全率が標準断面が決定されている。また、設計震度が0.15の場合はすべて地震時の滑動に対する安全率が標準断面が決定されている。常時と地震時の滑動に対する安全率の大きさにはかなり差がある。特に、その差は裏込材の内部摩擦角が $30^\circ$ 、設計震度が0.15のような設計条件の厳しい場合に大きくなる。

- ③ 滑動及び地盤の支持力に対する安全率の積載荷重の増加に伴う減少の割合は、各ケースによって異なる。ただし、地盤の支持力に対する安全率の減少の割合は、ケースによって大きく変化するのになら、滑動に対する安全率の減少の割合は各ケースとも大きくは変わらない。

(b) 計画水深 -10.0 m (図-4.11) の場合

次に、計画水深 -10.0 m の場合の7ケースについて比較、検討してみると、次のような特徴がある。

- ① 標準断面の決定はすべて地盤の支持力に対する安全率の検討から決定されており、滑動に対する安全率はすべて地盤の支持力に対する安全率よりも大きくなっている。
- ② 地盤の支持力に対する安全率は、ケースによっては、設計条件の積載荷重の大きさにおいて1を割っているものがある。これは前述したように、二層系偏心傾斜荷重によって求めた標準断面を荷重分散法を用いて検討していることに原因があると思われる。しかし、荷重分散法のなかで用いた許容端し圧は $40 \text{ t/m}^2$ としているので、これを $50 \text{ t/m}^2$ にあげれば、安全率は25%大きくとることができ、地盤の支持力に対する安全率と積載荷重の関係を表わす曲線は25%だけ平行上昇することになり、十分条件を満足するようになる。
- ③ 積載荷重の増加に伴う安全率の減少は、滑動、地盤の支持力ともそれほど変化がなく、緩やかである。

(c) 計画水深 -4.5 m の場合と -10.0 m の場合との比較

上記(a)、(b)でそれぞれの特徴を述べたが、両者の比較をして、計画水深(溝造物の大きさ)による積載荷重の影響度を考察する。

天端高さ、裏込材の内部摩擦角、設計震度の変化による積載荷重の影響の割合は、設計水深の小さい-4.5 m の場合の方が全てにわたって大きい。つまり、L型ブロック式係船岸では大型係船岸より、小型係船岸の方が積載荷重の影響を受けやすく、種々の設計条件

が敏感に積載荷重の影響度に関係してくる。

以上、図-4.10及び図-4.11から定性的に積載荷重の影響度を調べたが、定量的に影響度を把握できないか検討した。その結果、図-4.10及び図-4.11の各々の影響の曲線について、設計条件の積載荷重の大きさのところで、曲線に外接するような接線を引き、その直線の傾きを積載荷重の影響係数と名付け、その影響係数を比較することにした(図-4.12参照)。曲線に外接するような直

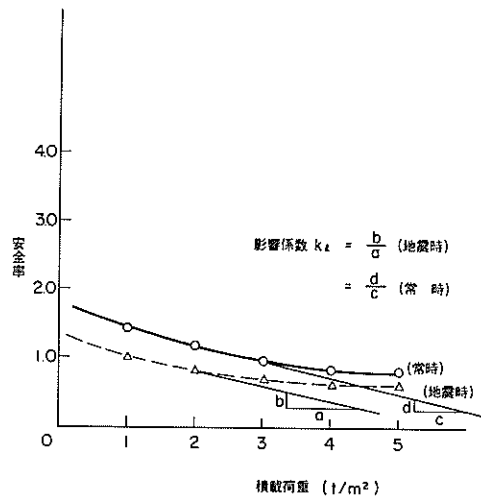


図-4.12 影響係数の求め方

線は、積載荷重がより大きいときの安全率の減少の割合よりも大きい傾向を示すが、ほとんど直線に近い曲線なので、それほど問題はない。また、設計条件の積載荷重の大きさと外接するような接線を引いたのは、積載荷重の大きさが設計条件の積載荷重の大きさを超えた場合、滑動及び地盤の支持力に対する安全率がどう減少し、構造物の安全性が損われるかを検討するのが、本調査の主目的であるからである。

こうした直線の傾きをあらわす影響係数は積載荷重の増加に伴う安全率の減少の割合を示すもので、その数値は積載荷重  $1 \text{ t/m}^2$  の増加に伴う安全率の減少の割合を示すことになる。そこで、すべてのケースの各々の曲線について影響係数  $k_e$  を求めたのが表-4.25である。この影響係数  $k_e$  をみると、各々のケースの設計条件の相違によって影響度が異なっていることがわかる。特に注目されるのは滑動に対する安全率の影響係数が計画水深の相違によってあまり変わらないのに比べ、地盤の支持力に対する安全率の影響係数は計画水深によって変化することや、計画水深 -4.5 m の場合、地盤の支持力に対す

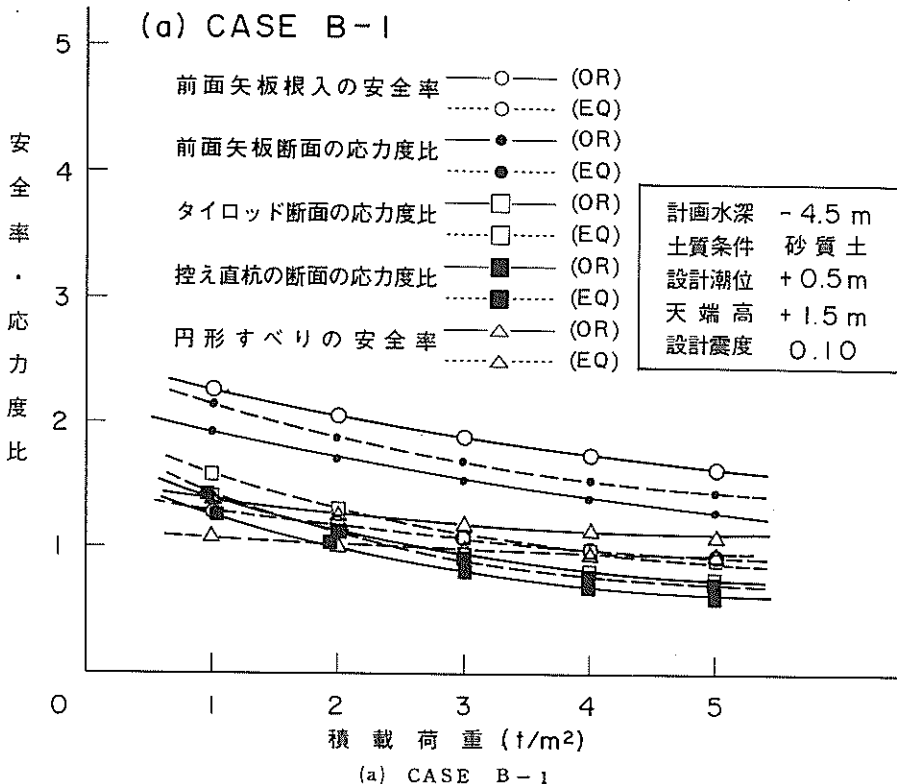
表-4.25 L型ブロック式係船岸の影響係数  $k_e$

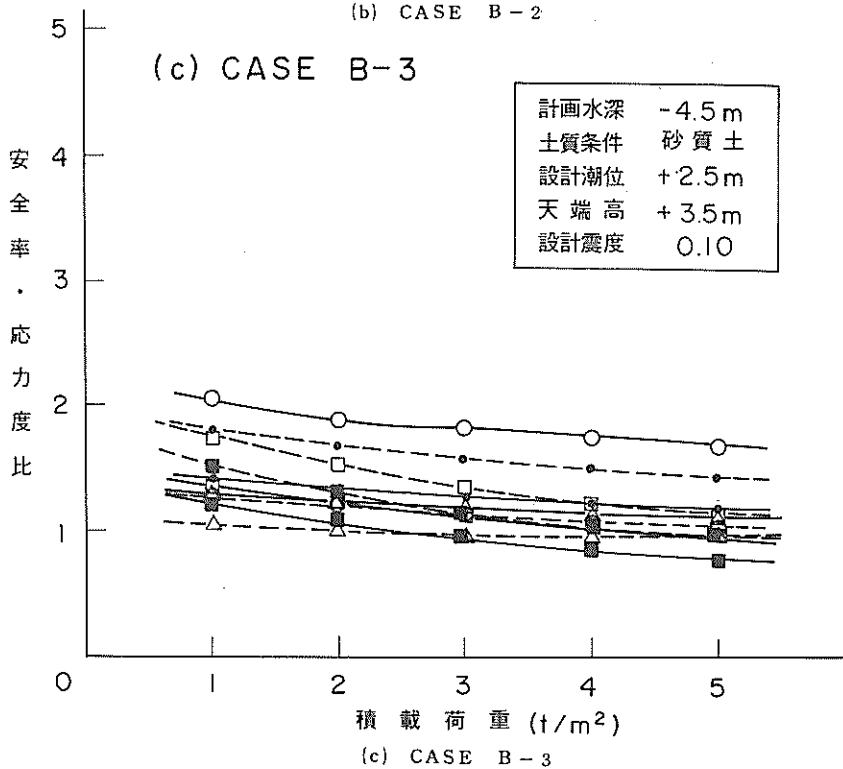
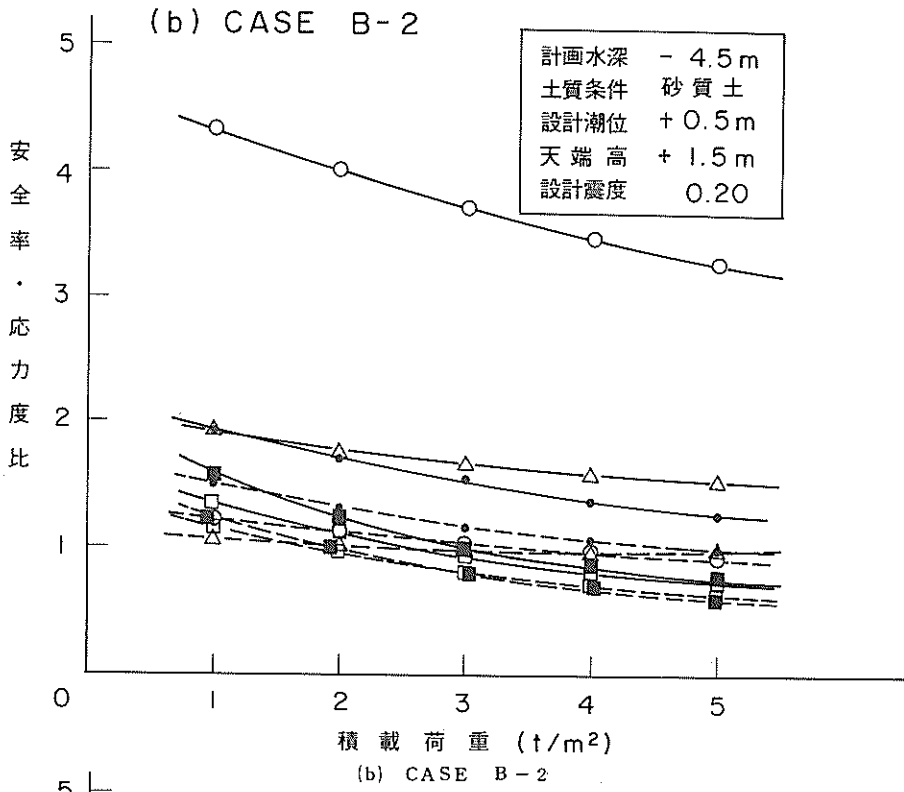
ケース名		影響係数			
		滑動に対する安全率の影響係数		地盤の支持力に対する安全率の影響係数	
		常時	地震時	常時	地震時
計画水深 -4.5 m	A-1	0.14	0.13	0.29	0.23
	A-2	0.08	0.07	0.28	0.24
	A-3	0.10	0.08	0.16	0.11
	A-4	0.15	0.18	0.39	0.40
	A-5	0.21	0.14	0.28	0.17
	A-6	0.11	0.12	0.21	0.23
	A-7	0.14	0.10	0.14	0.09
計画水深 -10.0 m	D-1	0.14	0.10	0.13	0.09
	D-2	0.07	0.10	0.10	0.10
	D-3	0.08	0.06	0.08	0.06
	D-4	0.12	0.14	0.14	0.14
	D-5	0.19	0.10	0.08	0.05
	D-6	0.09	0.09	0.08	0.09
	D-7	0.13	0.07	0.05	0.04

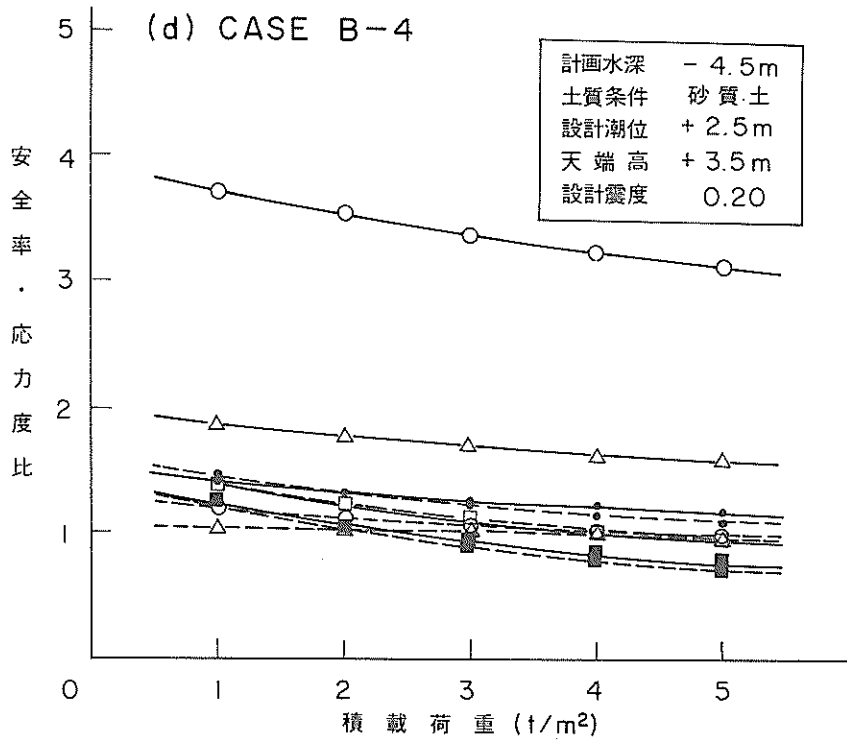
る安全率の影響係数が設計条件によって大きく変化することである。

滑動及び地盤の支持力に対する安全率と積載荷重の大きさの関係のなかで、一番小さな値を与える曲線の影響係数に着目してみる。ケースA（計画水深-4.5 m）の場合は滑動に対して、また、ケースD（計画水深-10.0 m）の場合は地盤の支持力（地震時）に対する安全率が一番小さな値を与えるので、その影響係数をみると、ケースAの場合は0.08~0.21、ケースDの場合は0.04~0.14となっている。この値は積載荷重が1 t/m<sup>2</sup>増加するに伴う安全率の低下の割合を示しており、そのことを考えると両ケースとも積載荷重の0.5~1 t/m<sup>2</sup>の増加に対して、それは小さいと考えられる。ただ、ケースAのなかで、A-2やA-4などのように、地盤の支持力に対する安全率の影響係数が0.24~0.40のように非常に大きな値になっており、滑動に対する影響曲線と途中で交差するような場合もあり、注意しなければいけないものもある。

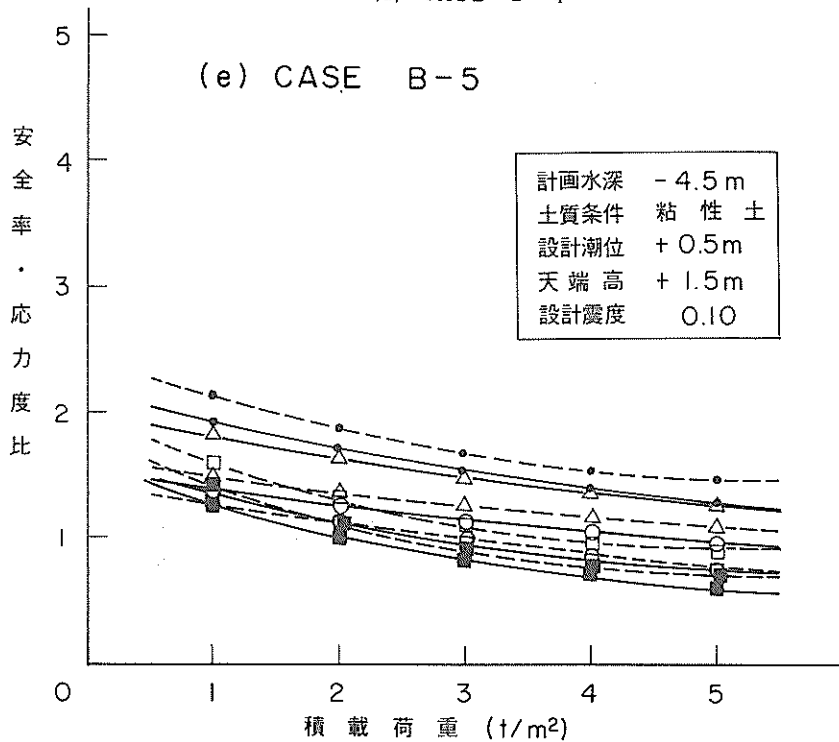
図-4.13 矢板式係船岸の積載荷重と安全率・応力度比の関係（計画水深-4.5 m）





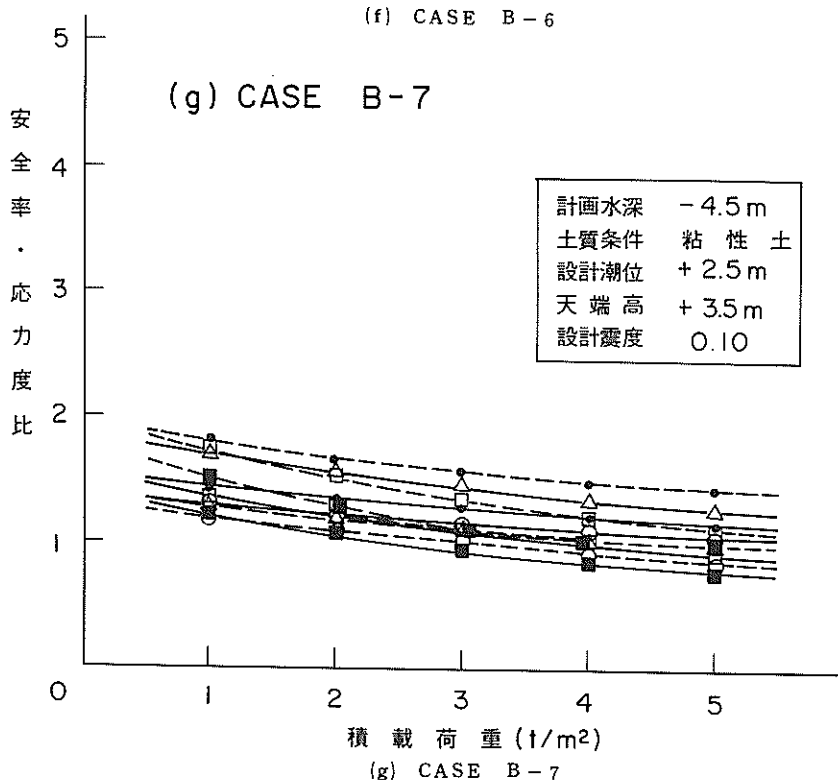
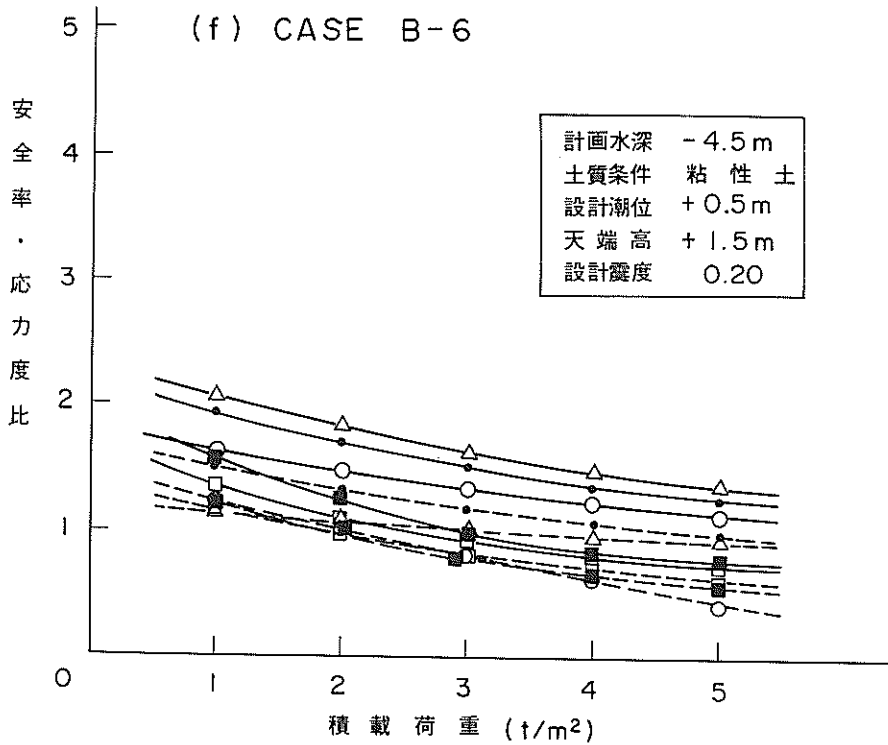


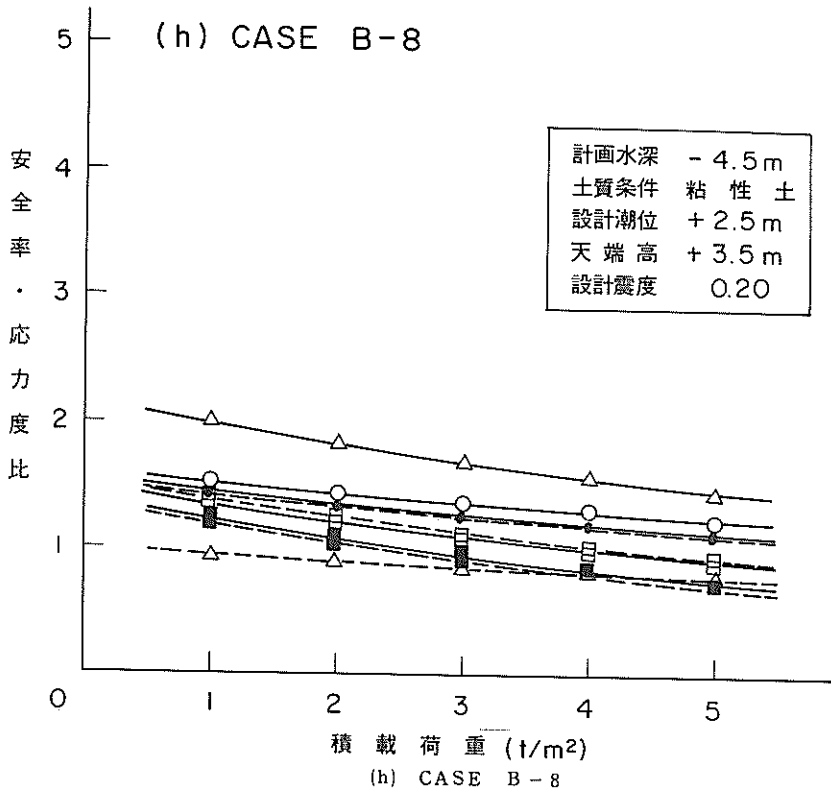
(d) CASE B-4



(e) CASE B-5







## (2) 矢板式係船岸

矢板式係船岸についても、L型ブロック式係船岸の場合と同様に、各々の安定計算検討項目に対する安全率（あるいは応力度比）と積載荷重との関係から影響曲線を求めた。図-4.13(a)~(h)は計画水深-4.5 mの各々のケースの影響曲線を示しており、また図-4.14(a)~(h)は計画水深-10.0 mの各々のケースの影響曲線を示している。

各々の図は、前面矢板根入れの安全率(○)、前面矢板断面の応力度比(●)、タイロッド断面の応力度比(□)、控え直杭の断面の応力度比(■)、円形すべりの安全率(△)の、合計5種類の安定計算検討項目が常時、地震時別にあるので、10本の影響曲線がある。また、ケースE-8については、地震時の安全率が一定の傾向を示していないので、影響曲線を描くことができなかった。これは地震時の粘性土土圧を求める際、港湾構造物設計基準には地震時主働土圧を求める計算式が二式のっており、この二式のうち大きな値となる方を採用するように規定されているため、積載荷重が大きくなった場合、異なった計算式を使用するようになってしまい、こうした不整合が生じたのである。したがって、ケースE-8の地震時につい

ては除外し、ここでは考察しないこととした。

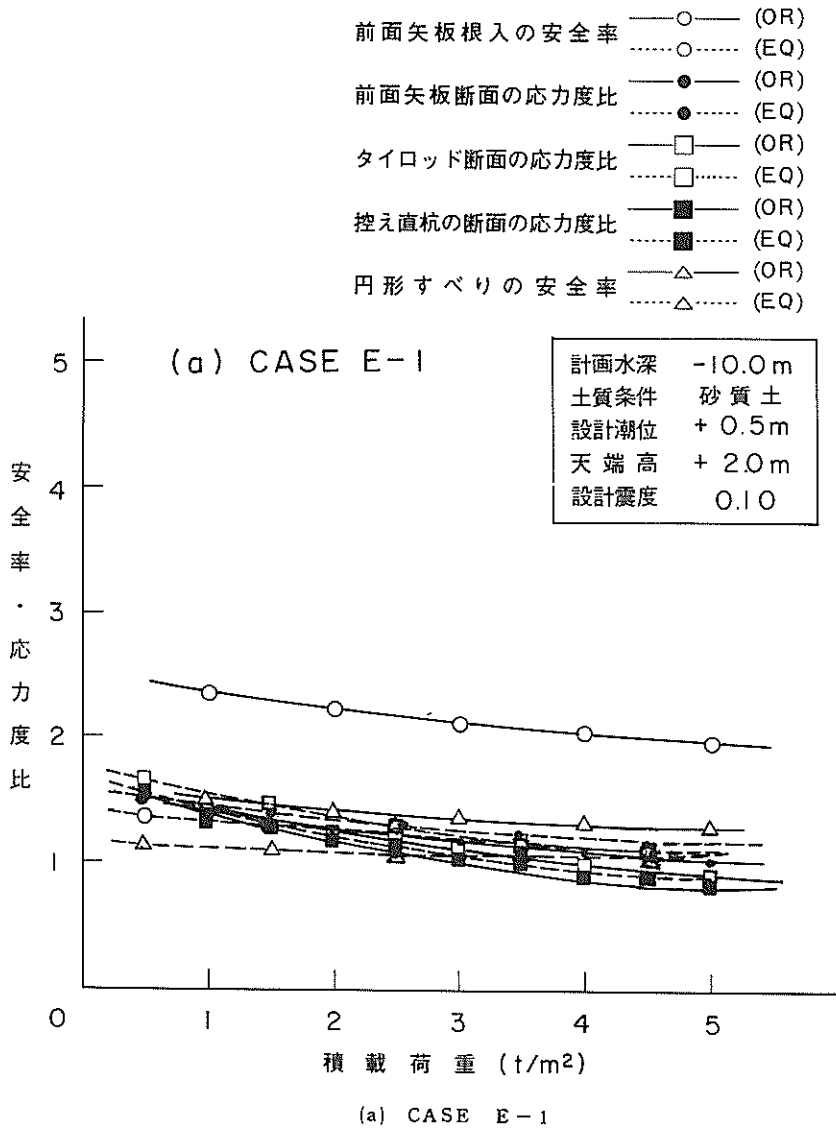
(a) 計画水深-4.5 m (図-4.13)の場合

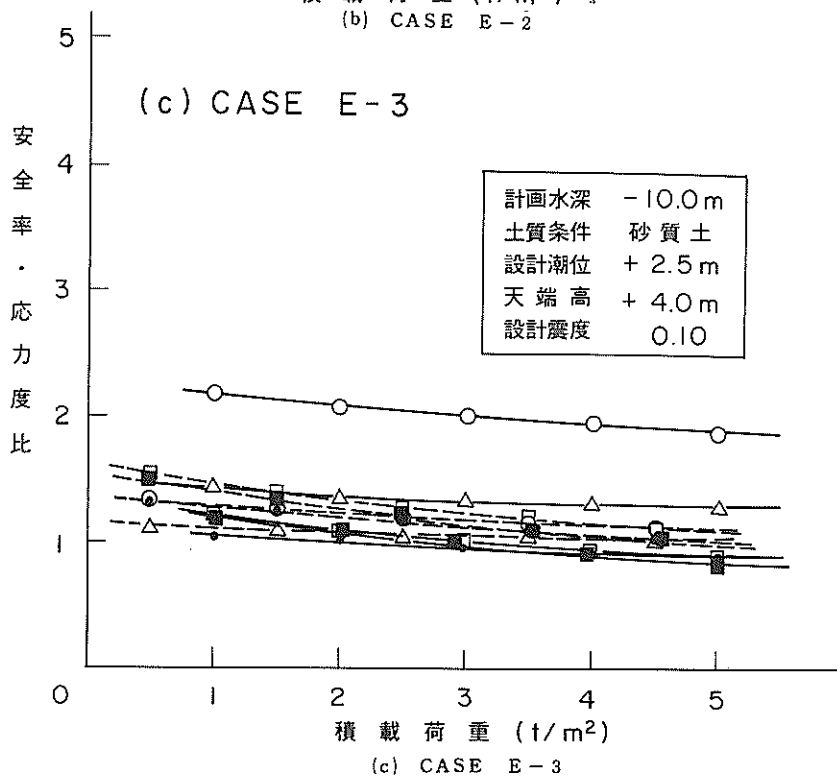
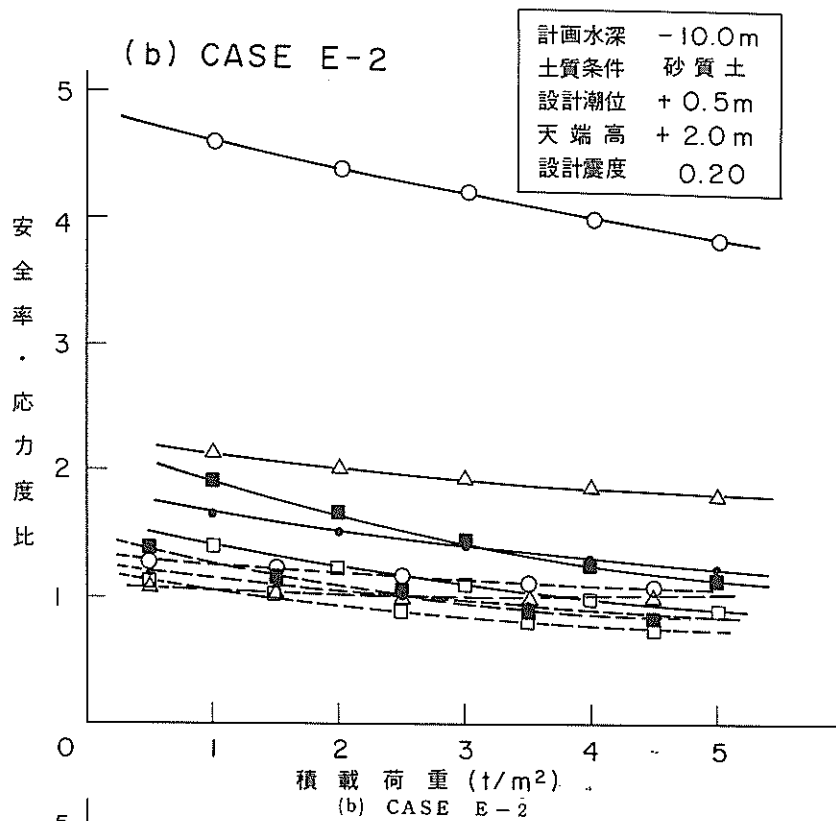
計画水深-4.5 mの場合の8ケースについて、検討してみると、次のような特徴がある。

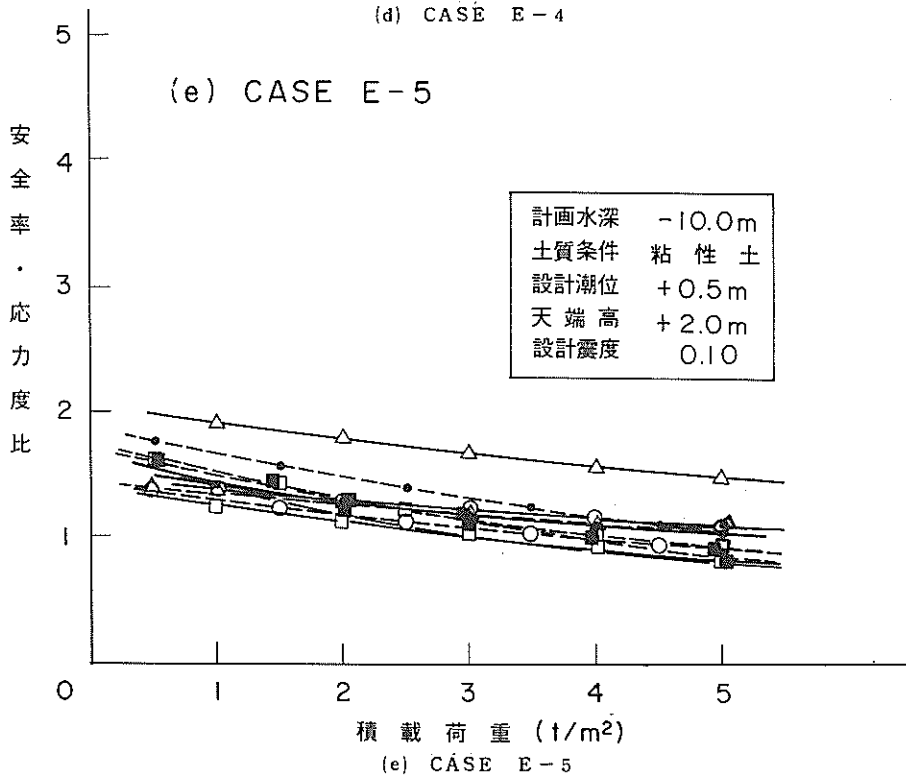
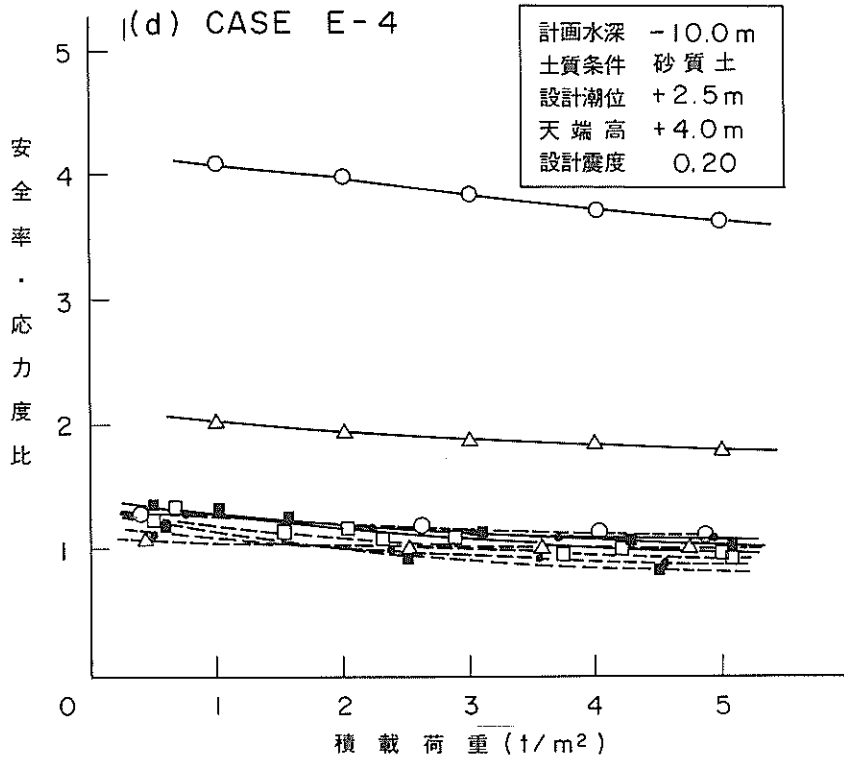
- ① 矢板式係船岸の場合は、標準断面を決定する安定計算検討項目が一定していない。これは、矢板式係船岸の設計法において、各々の安定計算が互いに独立しており、それぞれ規定の安全率（応力度比）まで設計することが可能であるからである。
- ② 在来地盤が砂質土の場合（ケースB-1~B-4）には控え直杭断面の応力度比とタイロッド断面の応力度比が常時、地震時とも積載荷重に一番影響されているようである。常時のときで、積載荷重3 t/m<sup>2</sup>のとき応力度比が0.8、また、5 t/m<sup>2</sup>のときは0.6まで下がることがある。
- ③ 在来地盤が粘性土の場合（ケースB-5~B-8）には、控え直杭断面の応力度比やタイロッド断面の応力度比以外に地震時の前面矢板根入れの安全率や地震時の円形すべりの安全率が積載荷重によって影響を及ぼされることがわかる。特に、

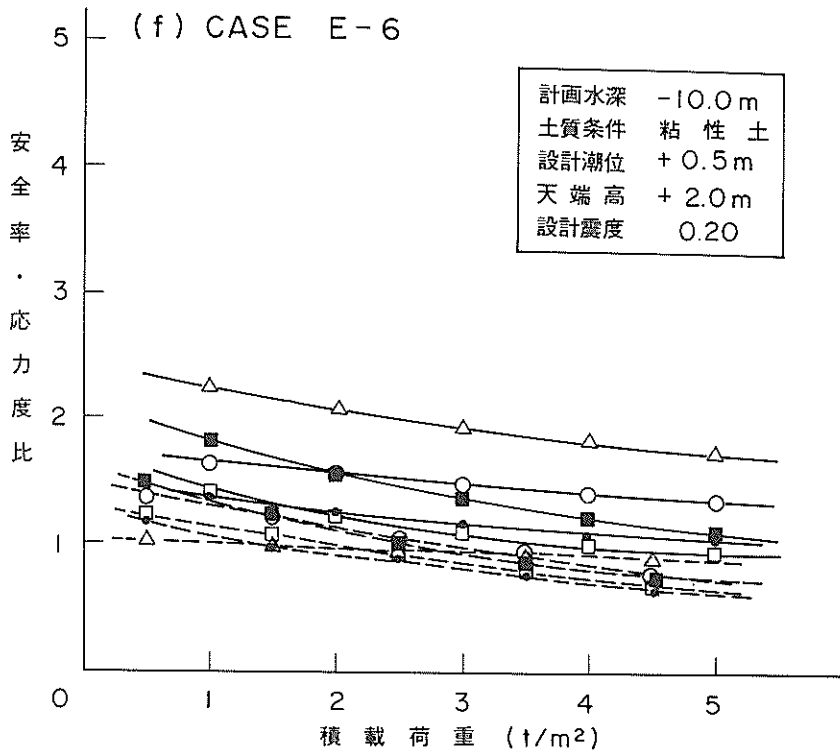
地震時の矢板の根入れの安全率は、 $3 \text{ t/m}^2$ で0.85、 $5 \text{ t/m}^2$ で0.45と著しく低下する場合がある。(ケースB-6)。

図-4.14 矢板式係船岸の積載荷重と安全率・応力度比の関係(計画水深-10.0 m)

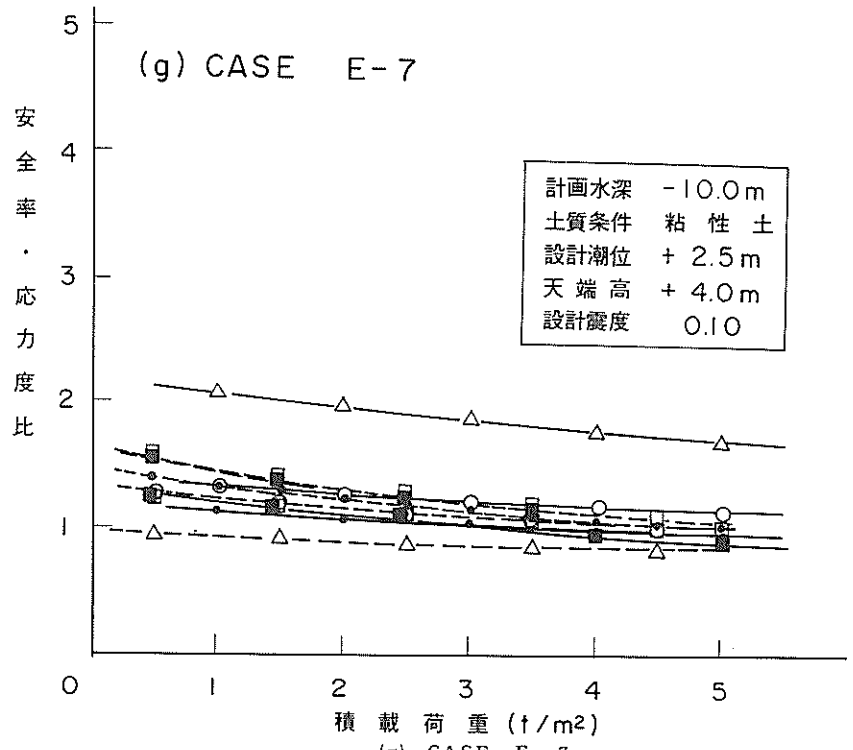




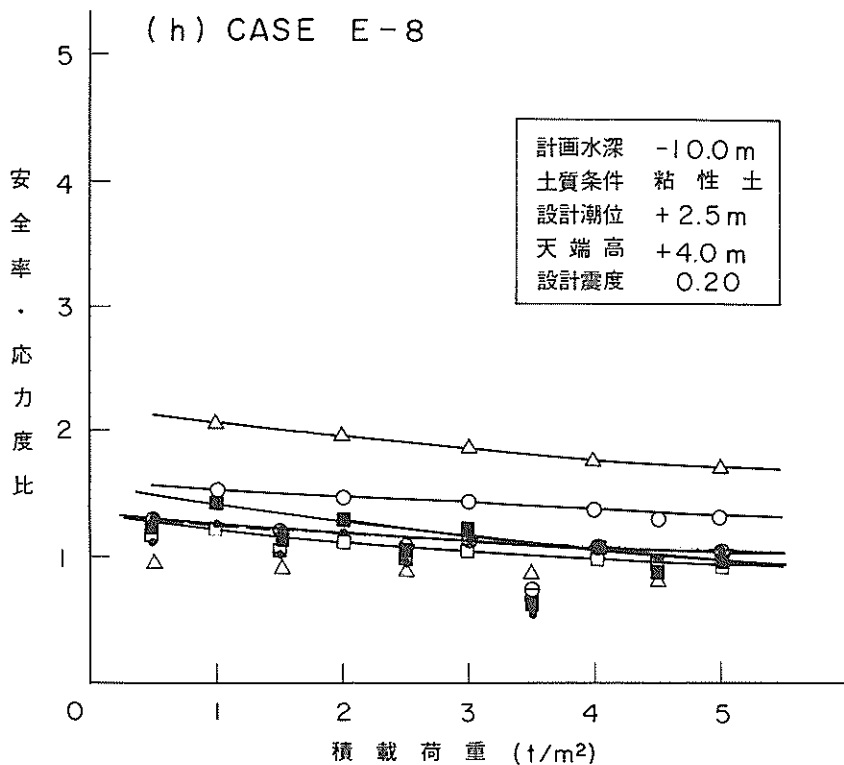




(f) CASE E-6



(g) CASE E-7



(h) CASE E-8

(b) 計画水深-10.0 m (図-4.14)の場合

計画水深-10.0 mの場合についても、-4.5 mの場合と同じような傾向があるが、その他の特徴をまとめると、次のとおりである。

- ① 在来地盤が砂質土の場合で、設計震度が大きい場合には、常時と地震時の安全率、応力度比には大きな差がある。つまり、常時の場合には積載荷重が5 t/m<sup>2</sup>を超えても、安全率、応力度比は1をほとんど下まわらない。
- ② 在来地盤が粘性土の場合、すべての検討項目の安全率、応力度比が3 t/m<sup>2</sup>ぐらいから1を割るも

のがあり(ケースE-6)、このような断面は注意を要する。

以上、矢板式係船岸の場合の影響曲線の特徴を述べた。矢板式の場合は各安定計算項目が独立しているため、それぞれ規定の安全率ぎりぎりになるよう設計されているので、積載荷重が設計条件の大きさ以上に増加する場合、非常に敏感である。また、L型ブロック式係船岸の場合と同様の方法で影響係数を求めたのが表-4.26であるが、これをも、タイロッド断面の応力度比や控え直杭の断面の応力度比はかなり大きい数値を示す場合がある。

表-4.26 矢板式係船岸の影響係数  $K_e$

ケース名		影響係数									
		前面矢板の根入れの安全率		前面矢板断面の応力度比		タイロッド断面の応力度比		控え直杭の断面の応力度比		円形すべり率の安全率	
		常時	地震時	常時	地震時	常時	地震時	常時	地震時	常時	地震時
計画水深 -4.5 m	B-1	0.16	0.10	0.16	0.26	0.16	0.26	0.19	0.26	0.05	0.03
	B-2	0.29	0.11	0.18	0.16	0.18	0.21	0.24	0.27	0.09	0.05
	B-3	0.05	0.05	0.07	0.10	0.09	0.20	0.11	0.21	0.04	0.03
	B-4	0.14	0.07	0.04	0.12	0.12	0.15	0.11	0.16	0.06	0.02
	B-5	0.10	0.14	0.19	0.25	0.17	0.28	0.18	0.31	0.16	0.12
	B-6	0.12	0.12	0.19	0.16	0.14	0.18	0.24	0.23	0.19	0.04
	B-7	0.07	0.09	0.06	0.11	0.09	0.18	0.12	0.21	0.09	0.07
	B-8	0.07	-	0.07	0.08	0.08	0.13	0.12	0.18	0.13	0.05
計画水深 -10.0 m	E-1	0.09	0.07	0.07	0.11	0.09	0.15	0.10	0.14	0.03	0.03
	E-2	0.17	0.06	0.12	0.09	0.10	0.09	0.18	0.16	0.07	0.03
	E-3	0.05	0.06	0.05	0.06	0.04	0.10	0.07	0.12	0.02	0.02
	E-4	0.11	0.07	0.03	0.05	0.04	0.06	0.04	0.10	0.04	0.02
	E-5	0.08	0.12	0.08	0.18	0.09	0.16	0.10	0.19	0.10	0.08
	E-6	0.06	0.17	0.07	0.12	0.05	0.14	0.16	0.22	0.09	0.04
	E-7	0.04	0.07	0.03	0.07	0.05	0.10	0.05	0.10	0.09	0.01
	E-8	0.05	-	0.04	-	0.05	-	0.10	-	0.07	-

(3) 横さん橋式係船岸

横さん橋係船岸についても、杭断面の応力度比、杭の支持力に対する安全率と積載荷重との関係から影響曲線を図-4.15(a)-(d)、図-4.16(a)-(h)のように求めた。横さん橋式係船岸については、計画水深 -4.5 m の場合も、-10.0 m の場合もほとんど変わらないので、両方まとめて検討することにした、その特徴は次のとおりである。

- ① 横さん橋式係船岸については、地震時における杭の断面の応力度比が、標準断面決定の主要因になっている。したがって積載荷重の影響度も、地震時における杭断面の応力度比に一番大きく影響を及ぼす。
- ② 常時の杭断面の応力度比の値は非常に大きい。特に設計震度が大きいと、地震時との差がさらに大きくなる。これは、地震時における水平力の発生が杭断面に大きく影響することを示している。
- ③ 前と同様に横さん橋式係船岸の影響曲線から、影響係数を求めたのが表-4.27である。これをみると、杭断面の応力度比、杭の支持力に対する安全率とも影響係数は、L型ブロック式係船岸、矢板式係船岸に比べ非常に大きい。したがって、積載荷重の増加は断面に重大な影響を及ぼすことが考えられる。

L型ブロック式、矢板式、横さん橋式の三種類の係船岸について、積載荷重（正確にいうと等分布積載荷重）の及ぼす影響度を調べてきた。実際の係船岸の設計では、

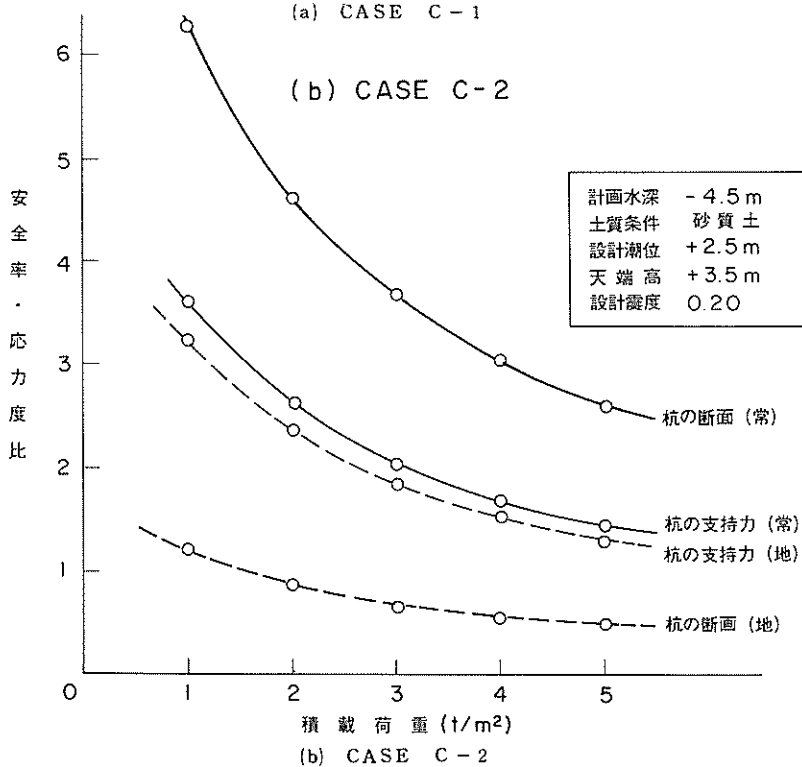
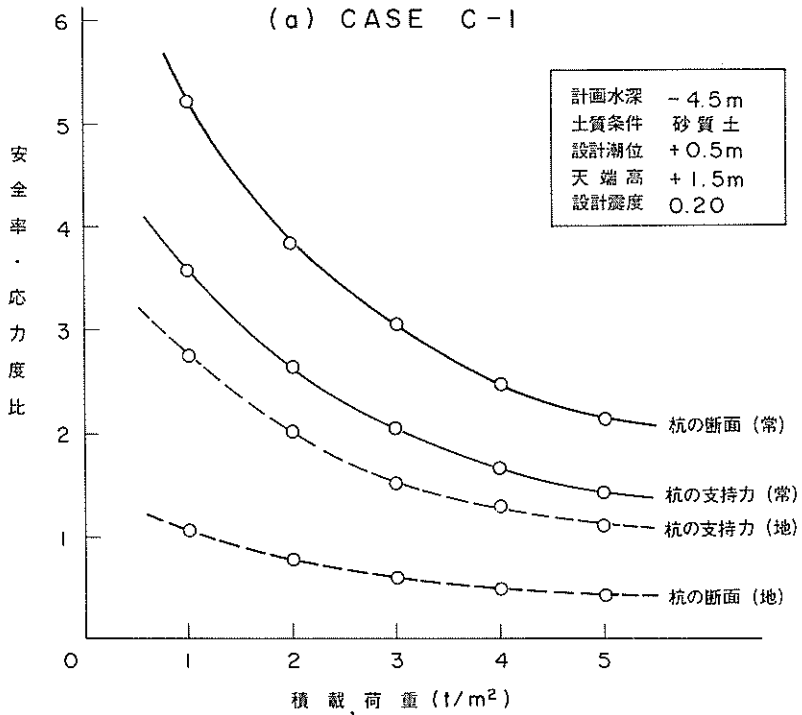
表-4.27 横さん橋式係船岸の影響係数  $K_e$

ケース名		影響係数			
		杭断面の応力度比		杭の支持力に対する安全率	
		常時	地震時	常時	地震時
計画水深 -4.5 m	C-1	0.87	0.29	0.60	0.73
	C-2	1.04	0.32	0.63	0.92
	C-3	0.84	0.31	0.60	0.75
	C-4	1.05	0.43	0.58	0.78
計画水深 -10.0 m	F-1	0.50	0.21	0.52	0.90
	F-2	0.73	0.19	0.46	0.75
	F-3	0.49	0.27	0.51	0.89
	F-4	0.76	0.26	0.51	0.71
	F-5	0.47	0.25	0.47	0.86
	F-6	0.81	0.24	0.53	0.78
	F-7	0.54	0.27	0.54	0.86
	F-8	0.78	0.30	0.51	0.71

設計条件の1つとして、ある大きさの積載荷重を設定し、それをもとに標準断面の設計を行うわけであるが、本調査は、積載荷重が、係船岸の安全性に対してどの程度の影響力をもっているのかを調べることにした。また、これを言い換えれば、どの程度の正確さをもって積載荷重を設定し、それを設計条件としてとれば、必要十分な係



図-4.15 横さん橋式係船岸の積載荷重と安全率・応力度比の関係(計画水深-4.5m)  
 (杭断面の応力度比, 杭の支持力に対する安全率)



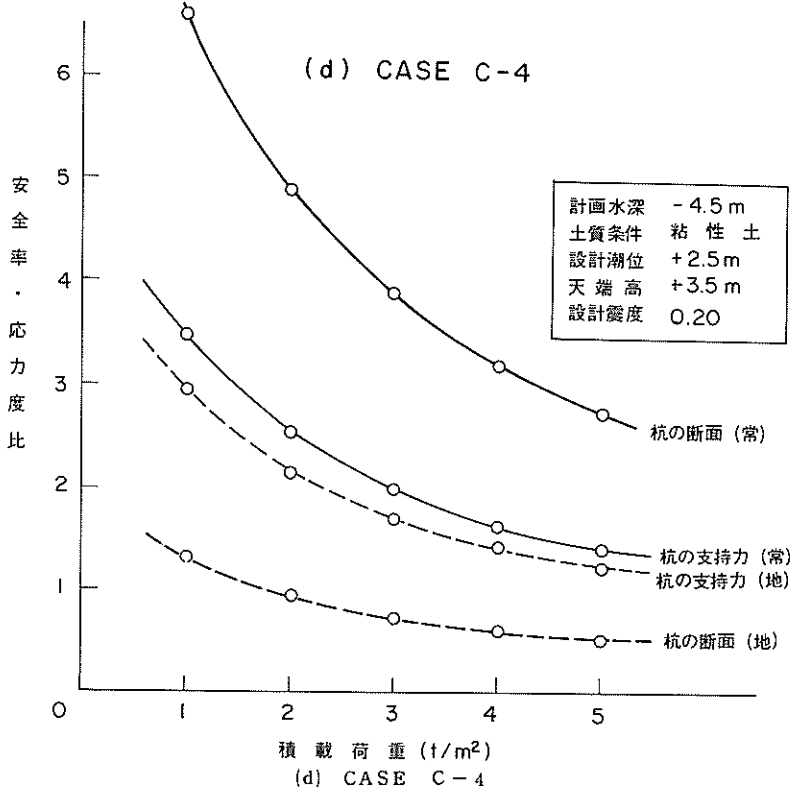
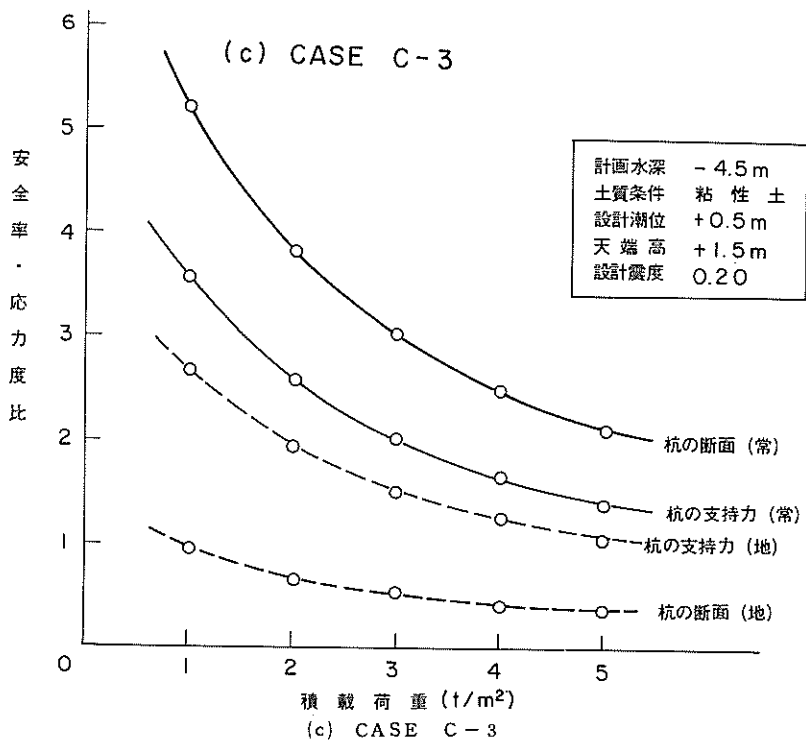
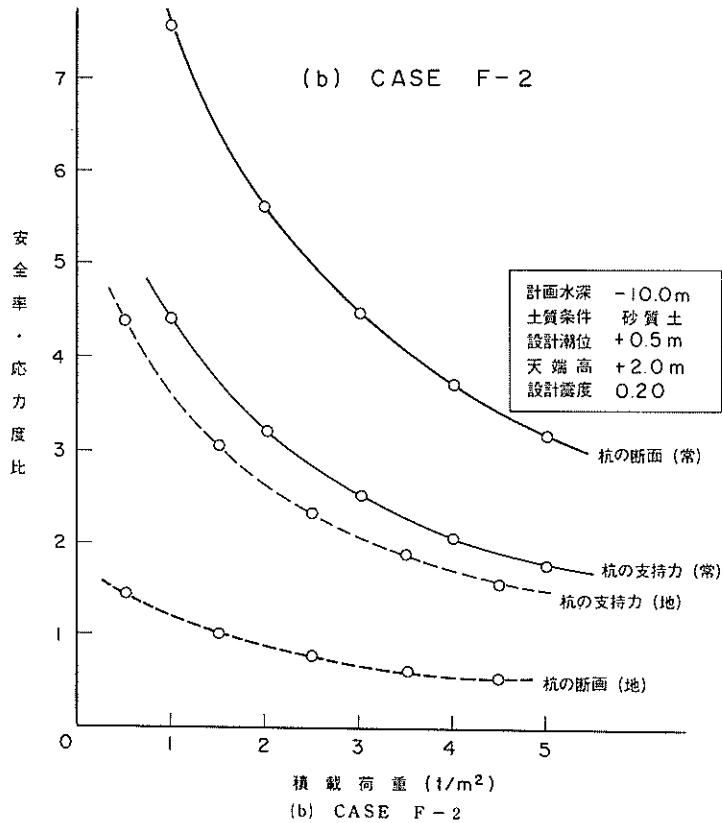
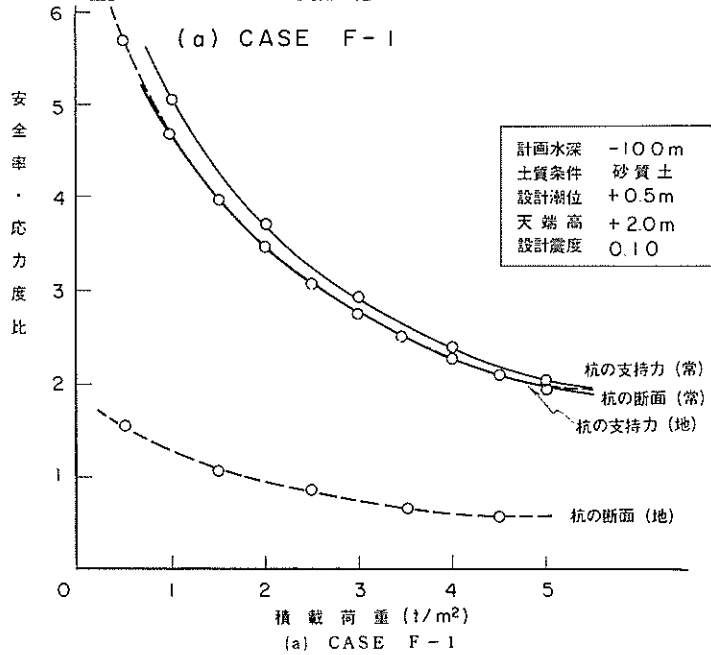
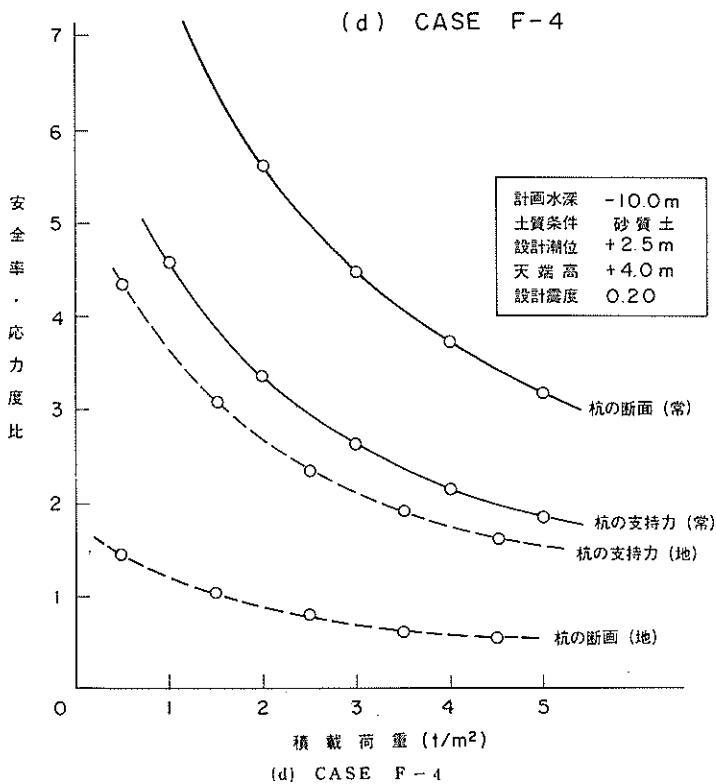
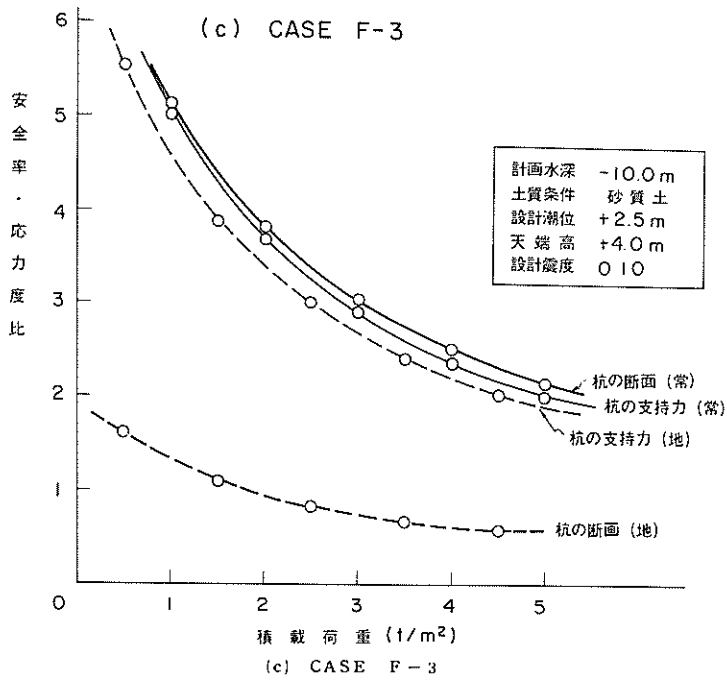
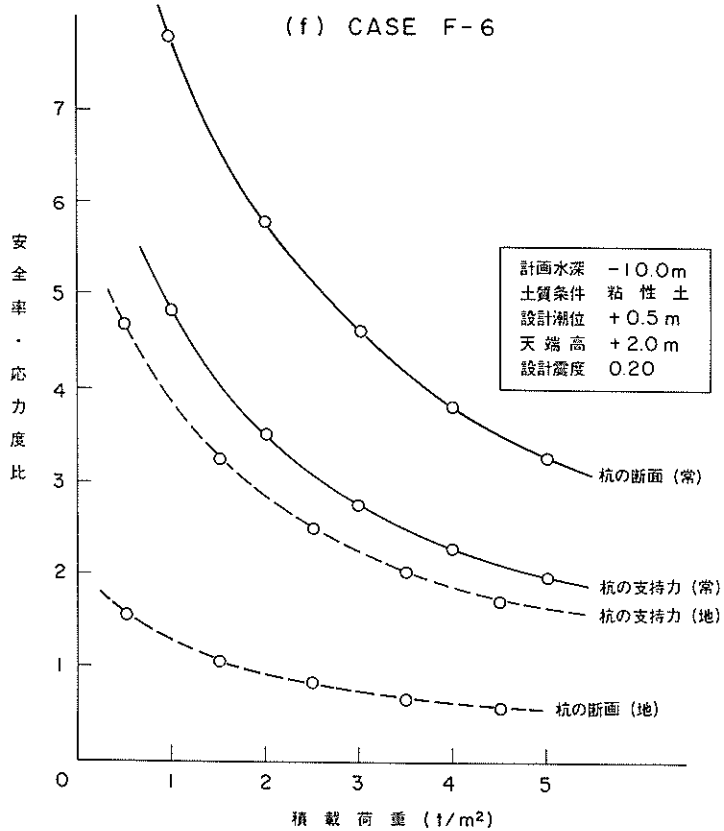
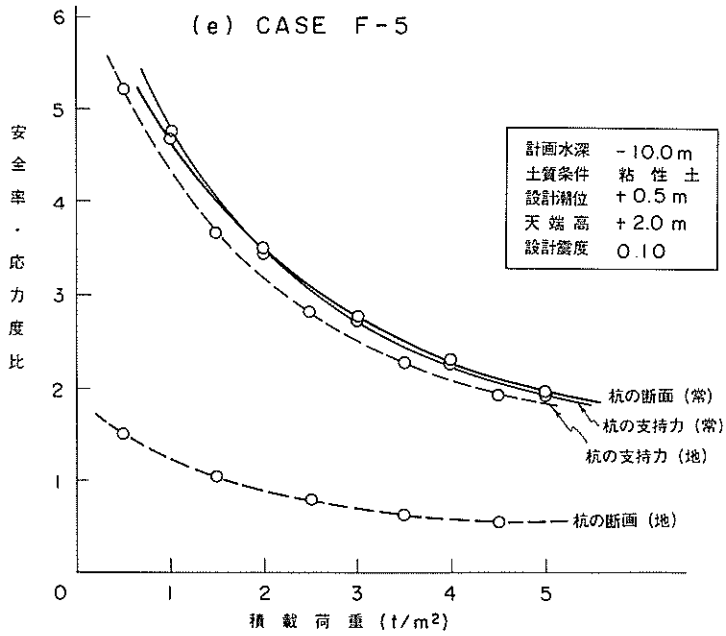
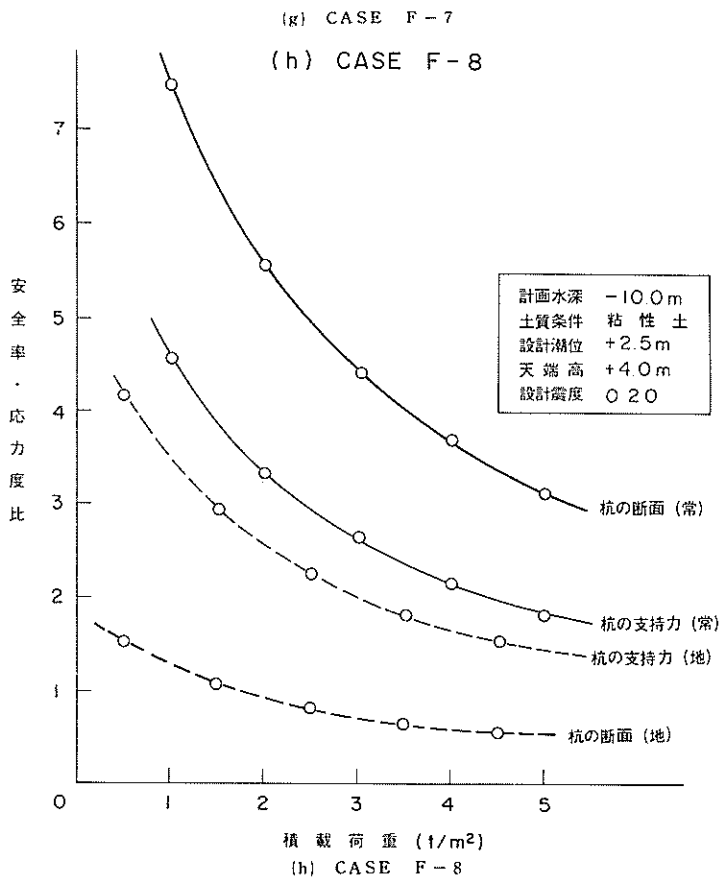
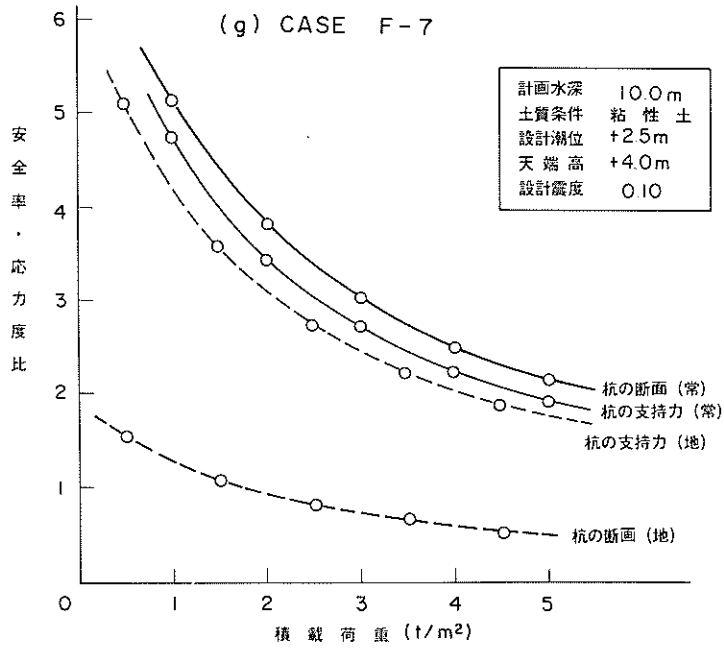


図-4.16 横さん橋式係船岸の積載荷重と安全率・応力度比の関係(計画水深-10.0m)  
 (杭断面の応力度比, 杭の支持力に対する安全率)









船岸の安全性が得られるか、その目安を知ることができることである。これは積載荷重だけに限らず、すべての設計条件について応用できることである。つまり、各々の設計条件が標準断面の設計に際し、断面決定にどの程度の影響度をもっているかを把握できれば、各々の設計条件はそれに見合った決定方法、精度を有していれば良いことになる。

このような背景をもとに、いままで調べた積載荷重の影響度についてまとめてみると、次のように結論づけることができると思われる。

- (1) 積載荷重の係船岸に及ぼす影響度は係船岸の構造形式や計画水深、設計震度など種々の設計条件によってそれぞれ異なる。
- (2) 設計条件によって一概には言えないが、積載荷重の係船岸の断面に及ぼす影響度はL型ブロック式（重力式）、矢板式、横さん橋式の順に大きくなっていくようである。
- (3) 積載荷重以外の設計条件では、設計震度が大きな影響度をもっており、設計震度の大小によって積載荷重の影響度が左右される。つまり、設計条件どうしは相互に関連性をもっており、影響度にはその点も考慮しなければならない。

## 5. エプロン利用状況調査

### 5.1 調査目的

岸壁（エプロン）の実際の利用者である港湾運送事業者から、エプロン上において取り扱われる貨物の種類や重量、またエプロン上で使用している荷役機械の種類・能力・重量などを聴取し、設計条件としてとるべき上載荷重の種類・大きさなどを把握する。同時に、港湾管理者及び港湾運送事業者から、上載荷重という観点からみたエプロン利用上の問題点を提示してもらい、設計条件のひとつとしての上載荷重のとらえ方を幅広く考えていく。

### 5.2 調査方法

岸壁（エプロン）の利用状況を把握するため、港湾運送事業者及び港湾管理者に対して郵送により調査票を配布して、各質問事項に回答してもらい、郵送により回収する方法で調査を行った。港湾運送事業者及び港湾管理者に対する調査票の配布数、質問事項等の詳細は以下の通りである。

#### (1) 港湾運送事業者に対する調査

岸壁（エプロン）を利用する港湾運送事業者は、「一般港湾運送事業」の免許を有するか、あるいは「沿岸荷役事業」の免許を有する事業者のいずれかであるが、一般港湾運送事業の免許を有する事業者は、大半が沿岸荷役事業の免許を有しており、沿岸荷役事業単独の事業者に比べ、事業の規模が大きい。そこで今回は、調査対象事業者を一般港湾運送事業の免許を有する事業者に限定した。

日本港運協会発行の港湾運送事業者名簿（昭和50年1月1日現在、全国の一般港湾運送事業者数は572社）より、各港それぞれ資本金の大きな事業者を数社あるいは数十社抽出し、合計290社に調査票を送付した。各港別の送付数は表-5.1の通りである。なお、調査票の送付は昭和50年8月12日付で行い、回答期限を8月30日とした。

エプロンの利用者である港湾運送事業者に配布した調査票は次に示す通りである。質問事項の詳細は調査票で明らかと思われるが、質問事項の要点をまとめてみると次の通りである。

#### (a) 取扱貨物に関する質問

- i) 取扱貨物の種類、積高、占有面積、重量
- ii) コンテナ貨物の取り扱いの有無、大きさ、重量
- iii) 最大取扱貨物の大きさ、重量

#### (b) 荷役機械、貨物自動車に関する質問

- i) 使用している荷役機械、貨物自動車の種類、能力、自重、台数
- ii) 今後購入予定の荷役機械、貨物自動車

#### (c) エプロンの利用状況に関する質問

- i) エプロンの負荷重量制限による荷役作業の支障の有無
- ii) 希望するエプロン負荷重量の大きさ
- iii) 貨物のエプロン上における仮置き時間
- iv) 長時間エプロン上に仮置きされる貨物の有無
- v) 貨物と荷役機械のエプロン上におけるスペースの使い分けの有無

#### (2) 港湾管理者に対する調査

各都道府県、市町村、管理組合など、港湾法で定められている港湾管理者69団体のうち67団体に対して調査票を送付した。調査票の送付は港湾運送事業者の場合と同じく、昭和50年8月12日付で行い、回答期限を8月30日とした。

調査票の質問事項は次に示す通りであるが、その内容をまとめてみると、次の通りである。

- (a) 岸壁使用の規制方法
  - i) 貨物に対する規制方法
  - ii) 荷役機械に対する規制方法
  - iii) 岸壁の構造、貨物などによる規制方法の相違の有無

- (b) 荷荷重量の制限による支障の有無
- (c) 規制緩和の特別措置
- (d) 港湾管理者の要望する荷荷重量の大きさ
- (e) 上載荷重による岸壁損傷の有無
- (f) 荷荷重量制限に対する利用者の遵守状況

**調査票〔I〕 港湾運送事業者用**  
 エブロン利用状況調査について

注意

盛夏の候、ますますご健勝のこととお慶び申し上げます。

さて、当港湾技術研究所設計基準部では、岸壁設計の重要な条件の一つであります貨物、荷役機械などエブロン上に載荷される上載荷重について調査を実施しております。この上載荷重調査の一つとして、岸壁を実際に利用されております港湾運送事業者の方々から、直接、貨物、荷役機械など上載荷重の種類や荷重の大きさなどについてご意見を伺い、今後の岸壁の設計に役立てていこうと考えております。

つきましては、誠にお手数とは思いますが、別紙の調査票にご記入の上、8月30日までにご送付下さるようお願い申し上げます。

なお、本調査の主旨、調査票などにご不審の点がございましたら、担当者宛ご連絡下さるようお願い致します。

敬具

昭和50年8月12日

運輸省港湾技術研究所  
 設計基準部長

西村 一 男

住 所 神奈川県横浜須賀町長瀬3の1の1

電 話 0468-41-5410

担当者 設計基準部 設計基準課

遠藤・笹田

(内線 267)

殿

**エブロン利用状況調査**

1. 貴社の概要

貴社の名称	代表者名
所在地 (電話)	
取得事業免許	
貴社が保有している主な埠頭名	
本調査票の記入者の所属 氏 名	

2. 取扱貨物について

- (1) 貴社が取扱っている貨物の主なものをあげて下さい。また、その貨物のエブロン上での積高、占有面積、重量等をご記入下さい。  
 (パレット貨物なら、1パレットの積高、及び積み重ね数、1パレットの重量)

貨物名	主な取扱埠頭名	荷 量	エブロン上における載荷状態		
			積高(m)	占有面積(m <sup>2</sup> )	1㎡当りの重量(t/m <sup>2</sup> )

- (2) コンテナ貨物を取扱ったことがありますか。取扱ったことがある場合には取扱った中で1番重量の大きいコンテナの大きさ、コンテナの中の貨物の種類、コンテナ全体の重量、使用した荷役機械名、利用埠頭名を記入して下さい。

コンテナ取扱の有無	有 無 (○で囲む)
コンテナの大きさ	
コンテナの貨物の種類	
コンテナ全体の重量	
使用した荷役機械名	
利用埠頭名	

- (3) 今まで貴社が取扱った貨物で1番大きな貨物(1個当り)の種類、大きさ、重量と使用した荷役機械名をご記入下さい。

貨物の種類	
〃 大きさ	
〃 重量	
使用した荷役機械名	
利用埠頭名	

3. 荷役機械、貨物自動車について

- (1) 貴社がエブロン上で使用している荷役機械、貨物自動車の種類、メーカー、能力、自重、台数をご記入下さい。

種 類	メーカー	能力(最大積載重量)	自 重	台 数

- (2) 今後、貴社が使用する予定の荷役機械、貨物自動車がありましたら、その種類、能力(最大積載重量)をご記入下さい。

種 類	能 力

4. エブロンの利用状況について

- (1) 各埠頭(エブロン)には載荷できる重量(負荷重量)に制限(2 t/m<sup>2</sup>が多い)が設けられていますが、今までその負荷重量の制限によって荷役作業に支障をきたしたことがありますか。ありましたら、その事例をご記入下さい。



支障の有無	有 無 (○で囲む)
支障の具体的な事例	

(2) 岸壁の利用の上から、荷重量の制限は何 t/m<sup>2</sup> 位にしたら良いでしょうか。その理由がありましたら併せてご記入下さい。

(3) エブロン上に仮置きされる貨物の仮置き時間は平均どの位でしょうか。

(4) 貨物によっては、エブロン上に長く仮置きすることがありますでしょうか。ありましたら貨物名と仮置き時間をご記入下さい。

(5) 貨物の仮置き場所、荷役機械の使用場所などエブロン上のスペースの使い分けは常に決まっていますか。あるいは操縦する船舶の大きさ、貨物の種類によって異なるのでしょうか。

## 調査票(Ⅱ) 港湾管理者用

### エブロン利用状況調査について

拝啓

盛夏の候、ますますご健勝のこととお慶び申し上げます。

さて、当港湾技術研究所設計基準部では、岸壁設計の重要な条件の一つであります貨物、荷役機械などエブロン上に仮置きされる上載荷重について調査を実施しております。この上載荷重調査の一つとして、岸壁を管理されております港湾管理者の方々から直接、上載荷重に関する規制方法、要望事項などに関するご意見を伺い、今後の岸壁の設計に役立てていこうと考えております。

つきましては、誠にお手数とは思いますが別紙の調査票にご記入の上、8月30日までにご送付下さるようお願い申し上げます。

なお、本調査の主旨、調査票などにご不審の点がございましたら担当者宛ご連絡下さるようお願い致します。

敬具

昭和50年8月12日

運輸省港湾技術研究所  
設計基準部長

西村 一 男

住 所 神奈川県横浜須賀市長瀬3の1の1  
電 話 0468-41-5410  
担当者 設計基準部 設計基準課

遠藤・笹田  
(内線 267)

殿

## エブロン利用状況調査

### 1. 岸壁の使用の規制方法

岸壁(エブロン)の仮荷重量(仮荷重量)には制限がありますが(岸壁の設計条件として使用している上載荷重の大きさが制限基準になっていることが多い)、実際にどのような規制方法をとっているのでしょうか。

(1) 貨物に対する規制方法(例えば条約で規制しているなど)

(2) 荷役機械の種類・重量に対する規制方法

(3) 岸壁の構造・取扱貨物などによって規制方法が異なりますか。

### 2. 荷重量の制限による支障例

仮荷重量の制限によって、荷役作業に支障が生じた例がありますか。ありましたら、その事例を具体的に書いて下さい。

### 3. 規制緩和の特別措置

仮荷重量が制限重量より大きい場合、なんらかの規制緩和のための特別措置をとったことがありますか。(例えば荷重を分散させるために、まくら木を下に置くなどの措置)。

### 4. 管理者の要望する荷重量の大きさ

仮荷重量の制限は今のままで良いでしょうか。岸壁の構造、あるいは取扱貨物などによって特別の注意・要望があるでしょうか。

5. 貨物、荷役機械、貨物自動車などによる過大な仮荷重量によって岸壁(エブロン)になんらかの損傷を及ぼしたことがありますか。具体例をあげて下さい。

6. 港湾運送事実等、岸壁(エブロン)の利用者に、仮荷重量の制限を遵守させることに苦渋した事例がありますか。

港湾管理者名

記入者所属氏名

### 5.3 調査結果

#### (1) 港湾運送事業者に対する調査結果

港湾運送事業者 290 社に調査票を送付したところ、前述の表-5.1 のように 158 社より回答があり、回収率 54.5% という結果が得られた。回答をみると、調査の主旨に合った事業を行ってないため、無記入であったり、一社で数港分の概要を別々に回答するなどの例もあった。以下、調査項目別に結果を述べる。

##### (a) 取扱い貨物について

港湾運送事業者がエプロン上で取り扱っている貨物の種類と、その貨物のエプロン上での積荷状態（積高、占有面積、 $\text{m}^2$ 当りの重量）を調べた。貨物、積高等の記載は非常に広範囲にわたっているため、貨物の種類については港湾統計の貨物分類を参考にして、17種類に分類した。また、 $\text{m}^2$ 当りの重量（いわゆる積載荷重に相当する）や積高についても、ランクを設け、それぞれ12ランクに分類した。

このような方法で、貨物の種類と荷重のランク、及び貨物の種類と積高のランクの関係を求めたのが表-5.2 及び表-5.3 である（荷重のランク及び積高のランクについては表-5.4 及び表-5.5 に示した）。これらの表は、エプロン上における占有面積に関係なく、調査票に記載されている貨物を調査件数 1 として数え、全回答をまとめて整理したものである。

まず、貨物の種類と荷重のランク（積載荷重に相当する）の関係について調べてみる。表-5.2 をグラフ化したのが図-5.1 である。この図は、貨物の種類ごとの積載荷重の頻度分布であり、この図をもとに、おおよその種類別の積載荷重の大きさがわかる。鉄鋼、金属、鉱石類を除くと積載荷重が  $2 \text{ t/m}^2$  を超える例は非常に少なく、しかも、貨物別にそれほどはっきりした傾向が出ていない。総合的にみても、 $1 \sim 2 \text{ t/m}^2$  の間にかなりの件数が含まれてしまっており、 $3 \text{ t/m}^2$  を超える件数が非常に少なくなっている。この調査は、厳密に測定されたものではなく、エプロンで貨物を取り扱っている港湾運送事業者の経験にもとづく数値ではあるが、それほど真の値からはずれたものではないと考えられる。したがって、これら貨物ごとに得られた数値は、かなり実際の積載荷重の大きさを示したものと見える。

また、貨物の種類と積高についても同じようにグラフで示したのが図-5.2 である。積高については積載荷重ほど明確な分布はないが、大半は  $1.0 \sim 3.0 \text{ m}$  の範囲におさまっており、エプロン上に高く積まれていることはないようである。鉄鋼、金属などは単位体積重

量が大きいため、特に積高が小さいようである。

なお、荷重と積高の表で、調査件数の合計が異なっているが、これは値の不明なもの、不明瞭なものについて、省略したためである。

最近、コンテナ貨物が、コンテナ埠頭以外で扱われており、コンテナ貨物が一般の埠頭では最大級の貨物であるということなので、その実態を調べてみた。その結果、確かにコンテナ埠頭以外の一般埠頭でもかなりコンテナ貨物が取り扱われており、その大きさは  $20 \text{ ft}$  コンテナだけでなく、 $40 \text{ ft}$  コンテナも多数ある。 $20 \text{ ft}$  コンテナの重さとしては  $20 \text{ t}$  以下が大半である。一方、 $40 \text{ ft}$  用では  $35 \text{ t}$  以下がほとんどであるが、中には  $48 \text{ t}$ 、 $56 \text{ t}$  などという、大重量のコンテナも取り扱われている。

しかしながら、これらコンテナ貨物についても、 $\text{m}^2$  当りのトン数を計算してみると、 $20 \text{ ft}$  コンテナの底面積が  $14.86 \text{ m}^2$ 、 $40 \text{ ft}$  コンテナの底面積が  $29.72 \text{ m}^2$  であり、調査で、できた  $20 \text{ ft}$  最大  $21.3 \text{ t}$ 、 $40 \text{ ft}$  最大  $56 \text{ t}$  で除してもそれぞれ  $1.43 \text{ t/m}^2$ 、 $1.88 \text{ t/m}^2$  である。したがって、コンテナ貨物についても、 $\text{m}^2$  当りの積載荷重という点から考えると、それほど問題のある大きさではないといえる。

次に、港湾運送事業者が過去に取り扱ったことのある最大の貨物の種類と重量を調べてみた。その主なものをまとめたのが表-5.6 である。この表をみてもわかるとおり、ほとんど全て輸出貨物であるが、そのうち  $100 \text{ t}$  を超えるような貨物はデリッククレーン、あるいはフローティングクレーンを使用して本船に積み込まれており、このような貨物は解を利用して荷役されていて、岸壁エプロンは利用されていないと思われる。しかし、 $85 \text{ t}$  の橋梁鉄骨や  $50 \text{ t}$  のプラントがトラッククレーンを利用して積まれており、岸壁エプロンで、そのような大型貨物が取り扱われ、大型クレーンが使用されているという実績は注目値する。このような例から、岸壁エプロン上においても、大型貨物や大型トラッククレーンが積載されることがあることを十分考慮し、設計条件としてとり入れる必要があることがわかる。

##### (b) エプロン上で使用されている荷役機械

港湾運送事業者がエプロン上で使用している荷役機械、貨物自動車の種類について調査を行った。荷役機械については、トラッククレーン、ホイールクレーン、クローラクレーン、フォークリフト、トラクターショベル、ログローダなど各種の荷役機械が実際に使用されている。一方、貨物自動車は  $8 \text{ t}$  前後のトラックが

表-5.1 各港別調査票配布数及び回収数

港名	一般港湾送事業者数	調査票配布事業者数	調査票回答事業者数	港名	一般港湾送事業者数	調査票配布事業者数	調査票回答事業者数
稚内港	1	1	1	神戸港	68	40	25
留萌港	1	1	1	東播磨港	1	1	0
小樽港	5	3	1	姫路港	6	2	2
函館港	2	1	0	岡山港	2	1	0
室蘭港	4	2	0	宇野港	1	1	1
苫小牧港	4	2	0	水島港	5	2	0
釧路港	3	2	1	福山港	2	1	0
青森港	3	2	1	尾道糸崎港	2	1	0
大湊港	2	1	0	呉港	4	2	1
八戸港	2	1	1	広島港	6	2	1
宮古港	3	2	1	境港	1	1	1
釜石港	2	1	1	岩国港	2	1	0
大船渡港	3	2	2	徳山下松港	7	3	0
大石巻港	3	2	2	三田尻中関港	2	1	0
塩釜港	3	2	0	徳島港	2	1	0
小名浜港	2	1	1	小松島港	2	1	1
秋田船川港	2	1	1	高松港	3	2	0
酒田港	2	1	1	坂出港	3	2	1
新潟港	7	4	2	新居浜港	3	2	2
両津港	1	1	1	松山港	2	2	2
直江津港	3	2	0	今治港	2	2	1
日立港	1	1	1	高知港	2	2	2
千葉港	19	8	6	宇部港	2	2	0
船橋市川港	4	1	0	関門港	15	8	4
京浜港(東京)	42	18	8	荻田港	2	1	0
京浜港(川崎)	5	2	1	博多港	9	4	1
京浜港(横浜)	79	30	17	三池港	1	1	1
横須賀港	2	2	2	佐世保港	2	1	1
名古屋屋港	30	15	9	長崎港	2	1	0
衣浦港	9	5	3	三角港	2	1	0
蒲郡港	2	1	0	八代港	1	1	0
四日市港	6	3	1	水俣港	1	1	0
清水港	6	3	2	大分港	3	2	1
田子の浦港	1	1	1	佐伯港	1	1	0
伏木富山港	4	2	2	細島港	4	2	0
七尾港	1	1	1	油津港	3	2	0
敦賀港	2	1	0	鹿兒島港	5	3	1
舞鶴港	2	1	0	名瀬港	3	2	1
宮津港	1	1	0	那覇港	8	4	3
和歌山下津港	5	4	3	運天港	3	2	1
阪南港	3	2	0	平良港	3	2	0
大阪港	86	35	26	石垣港	3	2	2
尼崎港	3	2	1	合計	572	290	158

表-5.2 貨物、荷重ランク別調査件数一覧(エプロン上における載荷状態)

荷重のランク 貨物の種類		荷重のランク												合計
		0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	∞	
1	穀類・野菜	1	3	17	3	9	5	3	-	-	-	-	-	41
2	綿花・羊毛	-	1	4	-	1	-	-	-	-	-	-	-	6
3	水産品	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
4	原木・木材	3	3	14	6	15	-	3	-	-	-	-	-	44
5	石炭・コークス	-	-	-	-	4	1	-	-	1	-	-	2	8
6	鉱石類	-	-	2	-	-	1	8	1	4	-	1	-	17
7	非金属鉱物	-	-	2	1	2	2	2	2	-	-	1	3	15
8	砂利・石材	-	-	1	-	2	-	1	-	-	-	-	-	4
9	窯業品	-	2	5	1	5	-	1	-	-	-	-	-	14
10	鉄鋼・金属	1	3	12	12	18	6	15	-	4	-	2	1	74
11	輸送機械	6	4	7	1	4	-	-	-	-	-	-	-	22
12	機械・プラント	-	6	4	6	8	2	3	-	-	-	1	3	33
13	化学製品	1	2	14	4	9	1	3	1	-	-	1	1	37
14	紙・パルプ	-	2	8	3	6	2	-	-	-	-	-	-	21
15	繊維製品	-	9	7	2	5	1	-	-	-	-	-	1	25
16	雑貨	3	21	23	6	12	3	2	-	1	-	-	-	71
17	その他	-	3	3	4	-	1	-	-	-	-	-	-	11
合計		15	60	124	49	100	25	41	4	10	0	6	11	445

表-5.3 貨物、積高ランク別調査件数一覧(エプロン上における載荷状態)

積高のランク 貨物の種類		積高のランク												合計
		0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	∞	
1	穀類・野菜	-	-	5	11	4	1	7	1	1	-	-	-	30
2	綿花・羊毛	-	-	2	1	2	1	-	-	-	-	-	-	6
3	水産品	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	3
4	原木・木材	-	4	11	7	9	3	6	1	2	-	-	-	43
5	石炭・コークス	-	-	-	-	4	-	2	-	-	-	-	1	7
6	鉱石類	-	-	3	4	5	-	3	-	-	-	-	-	15
7	非金属鉱物	-	-	1	-	4	-	4	-	-	1	2	3	15
8	砂利・石材	-	-	1	1	1	-	-	-	1	-	-	-	4
9	窯業品	-	-	4	-	5	-	2	-	-	-	-	-	11
10	鉄鋼・金属	-	9	23	9	9	4	7	2	1	-	2	-	66
11	輸送機械	-	-	3	6	6	1	1	-	-	-	3	-	20
12	機械・プラント	-	-	2	1	12	3	7	-	4	-	1	-	30
13	化学製品	-	-	8	7	10	2	5	1	1	-	1	1	36
14	紙・パルプ	-	-	1	5	6	-	2	-	-	2	2	1	19
15	繊維製品	-	-	2	4	7	1	4	-	4	1	1	-	24
16	雑貨	-	2	5	18	13	6	14	1	3	1	1	2	66
17	その他	-	-	2	2	2	2	1	1	-	1	-	-	11
合計		0	15	73	78	100	24	65	7	17	6	13	8	406

表-5.4 荷重のランクと㎡当りの重量との関係

荷重のランク	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
㎡当りの重量 $w(t/m^2)$	$0 \leq w \leq 0.25$	$0.25 < w \leq 0.75$	$0.75 < w \leq 1.25$	$1.25 < w \leq 1.75$	$1.75 < w \leq 2.25$	$2.25 < w < 2.75$
荷重のランク	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	$\infty$
㎡当りの重量 $w(t/m^2)$	$2.75 < w \leq 3.25$	$3.25 < w \leq 3.75$	$3.75 < w \leq 4.25$	$4.25 < w \leq 4.75$	$4.75 < w \leq 5.25$	$5.25 < w$

表-5.5 積高ランクと積高との関係

積高のランク	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
積高 (m)	0	$0 < w \leq 0.5$	$0.5 < w \leq 1.0$	$1.0 < w \leq 1.5$	$1.5 < w \leq 2.0$	$2.0 < w \leq 2.5$
積高のランク	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	$\infty$
積高 (m)	$2.5 < w \leq 3.0$	$3.0 < w \leq 3.5$	$3.5 < w \leq 4.0$	$4.0 < w \leq 4.5$	$4.5 < w \leq 5.0$	$5.0 < w$

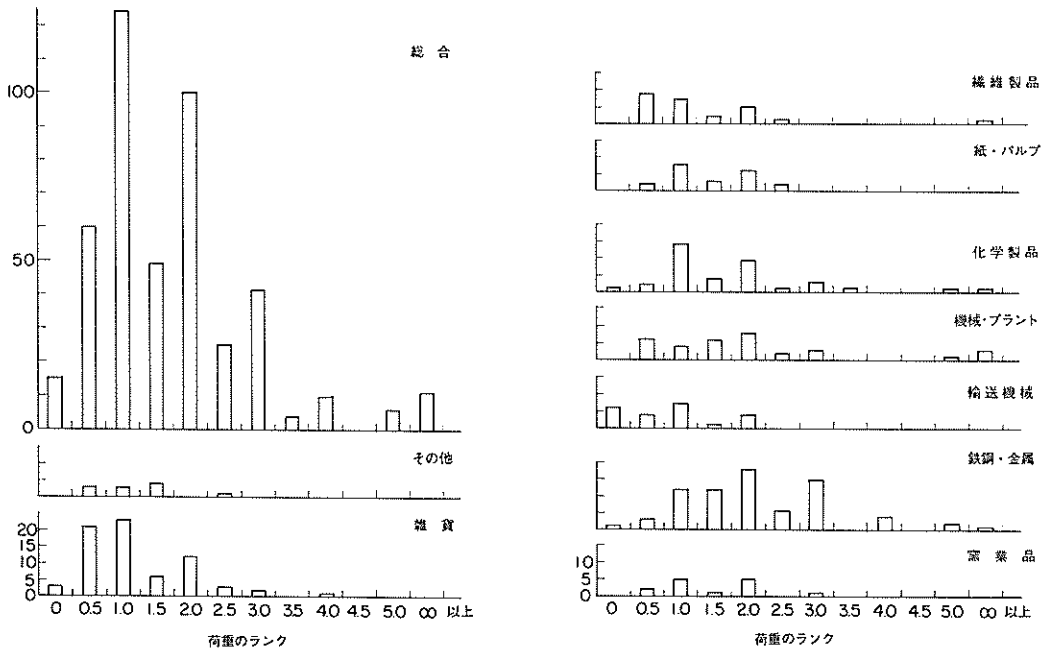
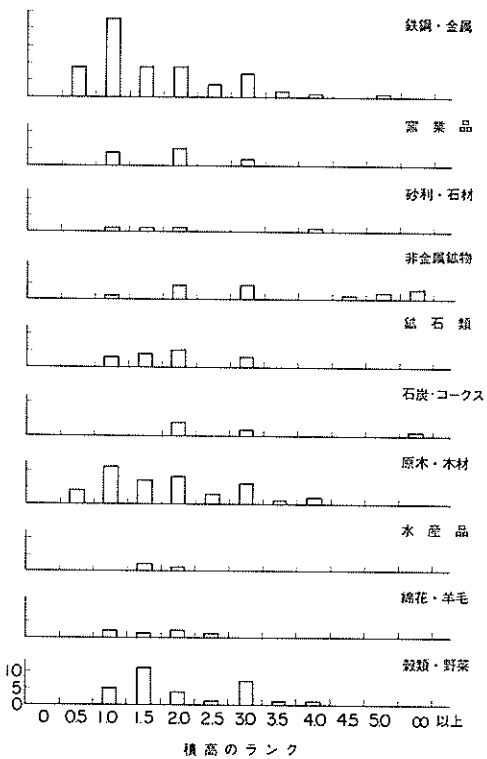
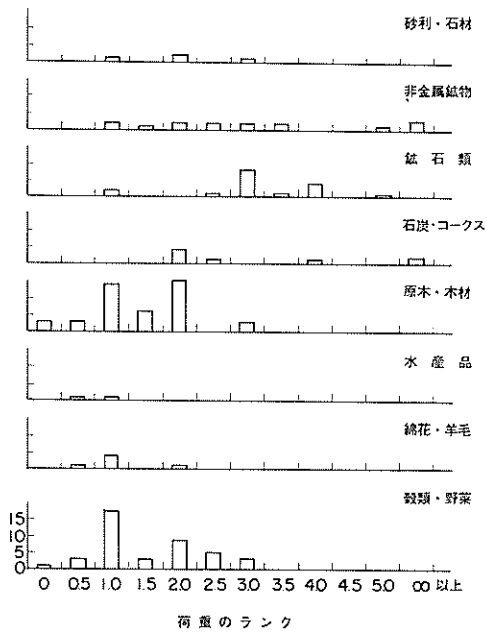


図-5.1 エプロン上における積載荷重の頻度分布



大半であり、トラクター・トレーラーなどの大型自動車は、コンテナ貨物を専門に扱う事業者を除いて少なかった。

次に、荷役機械についてさらに詳しく調べるため、荷役機械を①モビークレーン(トラッククレーン、ホイールクレーン、クローラクレーン)、②フォークリフト、③トラクターショベル、ログローダの3種類に分け、それぞれについて、能力別に分類した。なお、能力、台数等が不明あるいは不明瞭な調査票は集計から除外した。

モビークレーンについて、クレーン能力別に保有台数を整理したのが表-5.7である。この表をみると、トラッククレーンが大部分で、ホイールクレーン、クローラクレーンは非常に少なく、トラッククレーンがエプロン上では主役になっていることがわかる。トラッククレーンを能力別にみると、31~40tの中型クレーンが全体の約4割を占め、1番多い。その次が10t以下の小型クレーン、21~30tのクレーンの順になっている。また少数ではあるが50tを超える大型ク

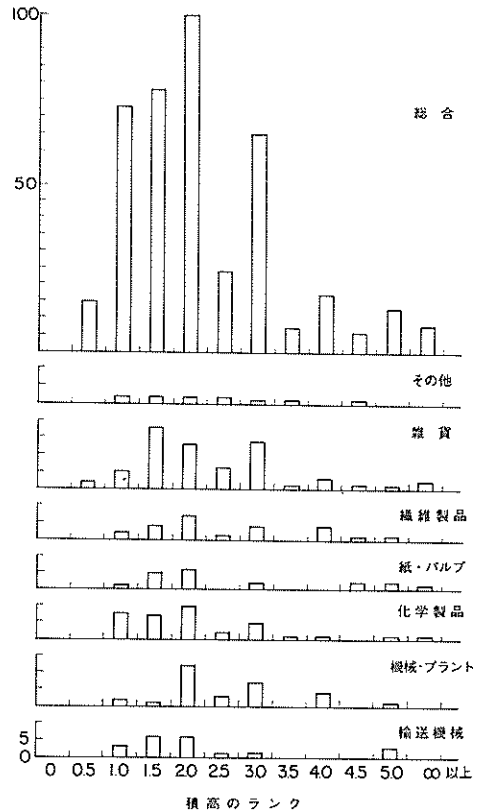


図-5.2 エプロン上における貨物の積高の頻度分布

表-5.6 最大取り扱い貨物一覧

貨物の種類	貨物の大きさ	貨物の重量	使用した荷役機械名
プラント	20m <sup>2</sup>	1個当り 50 t	75 tトラッククレーン
トランス	4.71 m×3.31 m×5.29 m	52 t	フローティングクレーン
機械	5 m×10 m×5 m	298 t	250 tデリッククレーン
鋼材	10 m×8 m×5 m	30 t	127 tトラッククレーン
鋼材	25 m×7 m×8 m	70 t	フローティング
プラント	14 m×4 m×2.5 m	82 t	海上クレーン
機械	70M T	75 t	トラッククレーン(7.5 t)
橋梁	8.9 m×横16.4 m×高3.7m	85 t	トラッククレーン
プレス機械	80M T	250 t	フローティングクレーン
鋼製橋桁	10 m×10 m×50 m	150 t	フローティングクレーン(300 t)
ブルドーザー	3 m×3 m×8 m	45 t	フローティングクレーン
プラント	150 M T	50 t	ガントリークレーン
機械	2 m×2 m×3.9 m(35 MT)	23 t	35 tトラッククレーン
起重機	250×230×200(11.5m <sup>2</sup> )	30 t	25 tトラッククレーン 2基
クレーン部材	幅4 m×長8 m×高6 m	43 t	海上クレーン及び125 tクレーン
木材	長さ20 m	40 t	本船ウィンチログローダ3台
特殊車輛	60M T	35 t	トラッククレーン60 t吊り
重機	55M T	30 t	65 tクレーン

レーンも使用されており、これらのトラッククレーンが最大能力まで使用される場合のアウトリガー反力を考えると、かなり大きな集中荷重が作用することが予想され、設計の際、あるいは実際に使用する際に、構造物の安全性を十分考えなければならない。

フォークリフトの保有台数を整理したのが、表-5.8である。約160の事業者で約1,000台のフォークリフトが保有されており、非常に多い荷役機械である。荷役の最大荷重別にみると、3~5tフォークリフト

が60%以上を占めており、2t以下のフォークリフトの3倍近く保有されている。また、10t以下のフォークリフトは全体の95%を占めているが、最近では、15t、20t、25tフォークリフトなどのように、コンテナ貨物やその他の大型貨物を取り扱うことができるフォークリフトも使用されてきており、活荷重の1つとして、フォークリフトも考慮しなければならないようになってきた。

砂、砂利等を扱うトラクタージュベルや、木材を取

表-5.7 モビールクレーンの保有台数一覧

クレーン能力	トラッククレーン		ホイールクレーン		クローラクレーン	
	台数(台)	全体に対する割合(%)	台数(台)	全体に対する割合(%)	台数(台)	全体に対する割合(%)
~10 t	42	18.8	4	66.6	0	0
11~15 t	15	6.7	1	16.7	0	0
16~20 t	29	13.0	0	0	0	0
21~30 t	39	17.5	1	16.7	1	25.0
31~40 t	88	39.6	0	0	3	75.0
41~50 t	3	1.3	0	0	0	0
51~75 t	4	1.8	0	0	0	0
76 t以上	3	1.3	0	0	0	0
合計	223	100.0	6	100.0	4	100.0

表-5.8 フォークリフト保有台数一覧

最大荷重	台数(台)	全体に対する割合(%)
～ 2 t	216	21.9
3～ 5 t	620	62.9
6～10 t	101	10.2
11～15 t	39	4.0
16～20 t	6	0.6
21～25 t	4	0.4
合計	986	100.0

り扱うログローダの保有台数をまとめたのが表-5.9である。両者とも予想していた以上に使用されており、しかも最大積載重量もかなり大きい。特にログローダは10 tを超えるような機種もあり、大型フォークリフトの場合と同様にこの荷重を設計に考慮しなければならない状況にある。

表-5.9 トラクターショベル、ログローダー

最大積載重量	トラクターショベル		ログローダー	
	保有台数(台)	全体に対する割合(%)	保有台数(台)	全体に対する割合(%)
～ 2 t	9	6.1	14	28.6
2.5～ 5 t	84	57.1	8	16.3
6～10 t	53	36.1	19	38.8
11～15 t	1	0.7	6	12.2
16 t以上	0	0	2	4.1
合計	147	100.0	49	100.0

(c) エプロン利用状況について

港湾運送事業者が、エプロンを実際にどのように使っているのか、また、負荷重量の制限によって荷役作業に支障をきたした事例がないか、などを調べ、今後、設計にとりいれていくべき問題がないか検討してみた。

最初に、エプロンには載荷できる重量(負荷重量)に制限(2 t/m<sup>2</sup>が多い)が設けられているが、今までその制限によって荷役作業に支障をきたしたことがあるかどうか質問した。

実にさまざまな意見があったが、負荷重量の制限に対して、かなり問題意識をもっており、また実際に荷役作業に支障をきたした事例を回答してきている。負荷重量の制限に対する意見をまとめてみると、

- ① 貨物では、鋼材、大型プラントなどの重量物について制限をうけることがあり、そのため、解を

使用したり、エプロン背後に直接積降しをしたりして、エプロンに載荷しないようにする。

- ② 荷役機械では大型トラッククレーンのアウトリガー反力、大型フォークリフトの前輪荷重が制限を超え、使用できない場合がある。

の2つが、全体的にまとめた意見であると考えられる。次に、エプロンの負荷重量の制限は何t/m<sup>2</sup>にしたら良いか、質問してみた。

この回答をみると、いろいろな意見があり、事業者の取り扱っている貨物の種類によって、希望する制限重量は大きく異なるようである。次に、全回答を表-5.10のように分類し、整理してみた。この表で、「無記入」とは無回答のことであり、「なし・特別なし」とは「なし」と記入してきた事業者のことである。これをみると、現状の負荷重量で満足しないものが60件以上あり、全体の40%弱を占めている。この中には5 t/m<sup>2</sup>以上の負荷重量を必要とするというような、意見もあり、かなり現実とはかけ離れた希望もある。また中には、1港当たり、負荷重量が無制限というバースを1バースつくり、どのような重量物でも扱えるようにしてほしいというような希望もあった。

したがって、負荷重量の制限に対する利用者のこのような意見を、設計の立場からどう対処すべきか、検討する必要があると思われる。

表-5.10 エプロンの負荷重量の制限

分類	件数
無記入	40件
なし・特別なし	34
現状で良い	29
3 t/m <sup>2</sup> 位	17
4 t/m <sup>2</sup> 位	4
5 t/m <sup>2</sup> 位	12
5～10 t/m <sup>2</sup> の間	11
10 t/m <sup>2</sup> 以上	6
わからない	4
その他	11 できるだけ大きい方が良い 4 1港1バースにつき無制限 1 貨物の種類による 1 20 t程度が良い 1 クレーン重量を考える 2 超重量物に耐え得るもの 1 岸壁の一部を特別強く 1
計	168件



また、エプロンの負荷重量の制限の問題以外に、エプロンの使い方についてたずねた。エプロンは荷さばき施設であり、貨物は仮置きされるだけなのが原則である。このような原則が実際に守られているかどうかは、地震時の積載荷重をどう考えるかとも関係があり、実際の利用者の意見を聞くことは興味深い。

最初に、エプロン上に仮置きされる貨物の仮置き時間は平均どの位かを聞いてみた。その結果をまとめたのが表-5.11である。この表は取り扱い貨物別に分け

表-5.11 エプロン上の仮置き時間

仮置き時間	件数
仮置きしない	25 件
30分以内	17
2時間以内	24
6時間以内	46
24時間以内	28
3日以内	16
それ以上	9
	(100時間, 2~3か月 4日, 7日間, 1週~1箇月 5日~2週間, 90時間 15日~1箇月)
計	165 件

てはいいないので、多少問題は残るが、仮置き時間が2時間以内のものが66件あり、全体のちょうど40%を占めている。さらに6時間以内を考えると112件となり、全調査件数の約68%、すなわち、7割近くが6時間以内の仮置き時間でおさまっている。しかし、中には1週間~1箇月というように、エプロンを野積場化しているようなケースもあり、エプロンは短時間使用する施設と断定することは一概にできない。さらに、エプロン上に長く仮置きする貨物の種類を調べてみると、鋼材が大半を占めており、その他に機械・プラント類、鉱石類、原木等がある。またエプロンの占有時間は1~2週間に及ぶ場合がある。これらの貨物はほとんど大型あるいは長尺物で、重量物であり、エプロン上に長く仮置きすることは問題がある。

さらに、エプロンのスペースの使い分けが決まっているかどうかを調べた。その結果をまとめたのが表-5.12である。この表をみると、全調査件数133件のうち、常に決まっていると答えたものが52件であり、船舶の大きさ、貨物の種類によって異なると解答したのが54件である。したがって、エプロンのスペースの使い分けは、船舶の大きさ、貨物の種類によって異なる

表-5.12 エプロン上のスペースの使い分け

項目	件数
常に決まっている	52 件
船舶の大きさ、貨物の種類によって異なる	54
決まった使い分けはない	27
計	133 件

場合はあるものの、大きさの場合、何らかの形で決めていることが明らかになり、エプロン上における貨物や荷役機械等の載荷状況を考える場合、このような平面的な分布状況も十分注意しなければならない。

## (2) 港湾管理者に対する調査結果

全国の港湾管理者のうち67団体に前掲の調査票を配布したところ、49団体より回答があり(回答率73.1%)、非常に多くの意見が寄せられた。以下、項目別に、これらの回答をまとめていくことにする。

### (a) 岸壁の使用の規制方法

岸壁(エプロン)の載荷重量(負荷重量)には制限があり、一般に設計条件として使用している載荷重の大きさが制限重量になっていることが多い。そこで、実際に港湾管理者がどのような規制方法をとっているかを調べた。調査項目は、①貨物に対する規制方法、②荷役機械の種類・重量に対する規制方法、③岸壁の構造・取り扱い貨物などによって規制方法が異なるかどうか、の3つに分けた。

まず、貨物に対する規制方法については港湾管理者49団体のうち、27団体が条例等の規定で規制しており、9団体がそれに準ずる行政指導等で規制している。したがって73%にあたる港湾管理者がはっきりと制限重量を規制していることになり、残り23%にあたる港湾管理者が何の規制もしていないことになる。規制をしていない港湾管理者は比較的規模の小さい港湾の管理者が多いことを考えると、規制を行っている埠頭の数の割合は、上記の割合よりもっと高くなると考えられる。

荷役機械の種類・重量に対する規制も、貨物の規制を行っている港湾管理者が同時に行っていることが多い。荷役機械については、荷役機械の種類(大きさ)によって制限を設けたり、m<sup>2</sup>当りの重量が貨物に対する制限重量を超えないようにしている場合が多い。

また、岸壁の構造・取り扱い貨物などによって規制方法が異なるかという質問に対しては、異ならないと

回答した管理者が多く、そこまで細い規制をする場合は少ない。

(b) 負荷重量の制限による支障例について

港湾の利用者である港湾運送事業者とは異なる立場にある港湾管理者に対し、エプロンの負荷重量の制限による支障例の有無について質問をした。

種々の意見があるが、貨物あるいは荷役機械の単位面積重量が、負荷重量の制限を超える例がかなりあり、荷役作業を中止したり、荷重を分散するため鉄板を敷いて処理をするなど、支障が生じているようである。

(c) 規制緩和の特別措置について

負荷重量が制限重量より大きい場合、管理者はどのような規制緩和の措置をとっているか、調べた。

これをみると、大半がまくら木や鉄板を敷き、荷重の分散を図っているようである。また、さん橋構造などの場合にはくい頭部に荷重が伝達されるように、工夫をした例もある。一般に、貨物に対して荷重分散を図る例よりも、トラッククレーンのアウトリガーに対して措置をとることが多いようである。

(d) 管理者の要望する負荷重量の大きさ

エプロンの負荷重量について港湾運送事業者に聞いた質問と同じ質問を港湾管理者にしてみた。

大半の管理者が、現在の負荷重量では足りず、もっと大きくとることを希望しているが、港湾運送事業者に比べ、それほど大きな負荷重量を考慮せず、せいぜい3～3.5 t/m<sup>2</sup>である。また、管理者の意見の中で目立つのは、重量物を扱うことのできる重量物専用岸壁の整備と、小型岸壁でも上載荷重の値を大きくとって、重量物を扱えるようにしてほしいという意見である。このような意見は港湾運送事業者の中にもあったが、どのような大型、超重量の貨物でも自由に荷役できる岸壁が港に最低1バース必要であると、管理者、利用者双方が認めるところが多い。

(e) エプロンの損傷について

質問の観点を変えて、貨物や荷役機械などによる過大な負荷重量によってエプロンになんらかの損傷を受けたことがあるかどうかを調べた。

上載荷重（特に荷役機械）が大きいいためエプロンが損傷したという例もかなりあるが、それ以外の例も多いようである。例えば、岸壁の老朽化、木材や鋼材の荷役中の落下による衝撃などによってエプロンが損傷を受けていることである。したがって、エプロンの損傷は、荷役機械の輪荷重やアウトリガー反力の過大荷重による場合、貨物の落下等の衝撃による場合、岸壁の老朽化・その他の原因による場合など、その原因を

分類して、それぞれ別個に考える必要があろう。

(f) 負荷重量の制限の遵守について

最後に、港湾管理者から、エプロンの利用者がどの程度負荷重量の制限を遵守しているか質問した。その結果、大半の管理者が負荷重量制限の遵守に苦勞しているようである。

①超重量物を扱う場合、②砂・砂利等のばら荷を扱う埠頭で、エプロン上に制限以上山積みし、しかも野積場化しているような場合、③トラッククレーン等の荷役機械を使用するとき、アウトリガー反力が制限重量を超えてしまう場合、などの例が多く、これらに対する規制に管理者は頭を悩ましているようである。

以上のとおり港湾管理者及び港湾運送事業者からエプロンの利用状況についてアンケート調査を行った結果、エプロンの利用状況及び利用上の問題点について、多くの点が明らかになった。全体的にみると、港湾管理者も港湾運送事業者も、エプロンの使用については、相当大きく問題意識をもっていることがわかった。大半の港湾管理者は、エプロンの使用に対して負荷重量の制限を条例等で規定しており、それに伴って、利用者である港湾運送事業者はその遵守に苦勞しているようである。

これらの調査結果から今後検討を要する問題として考えられるのは、まず、荷役機械等のアウトリガー反力に対する取り扱いである。アウトリガー反力のような、いわば集中荷重に対して、貨物と同じ負荷重量の制限（例えば2 t/m<sup>2</sup>）を設け、それを超えるような場合には、荷重を分散するために鉄板を敷くなどの措置をとる例が多い。エプロンの舗装に対する問題はあがるが、係船岸本体の安全性という面から考えると、貨物の負荷重量と同じ値を遵守させることは、非常に厳しい措置である。管理者の中には、そのような事を考慮し、アウトリガー反力のような集中荷重を係船岸本体に対する集中荷重と考え、安定計算を行って、使用の是非を検討し、許可を与えるところもある。港研資料No.29「移動式荷役機械（モビールクレーン）の係船岸におよぼす影響」でも明らかにしているように、係船岸の構造形式とアウトリガーの位置によって、アウトリガー反力の大きさを規定するような措置を港湾管理者に周知徹底させることも必要であろう。

次に、港湾運送事業者及び港湾管理者の両方から要望があった、超重量物を扱えるような専門埠頭を1バース建設する、という意見についても、考察するに値する。構造形式、エプロン舗装の問題などを検討すれば、それほど困難な問題ではないと考えられる。

## 6. エプロン現場観測

## 6.1 調査目的

港湾管理者及び港湾運送事業者に対してアンケート調査を行い、エプロンの利用状況について前章で調査した。そのエプロン利用状況調査の確認を含め、エプロンにおける貨物の載荷状況、荷動き、また荷役機械の利用状況など実際のエプロンの利用実態を把握するため、一定期間、調査員による目視観測又はメモーションカメラによる写真観測を行った。

## 6.2 調査方法

### (1) 目視観測

上載荷重の種類、重量を調べ、また、その平面的・時間的な分布を把握するため、毎日1回同時刻に調査対象岸壁に行き、エプロン上の貨物の種類、位置、重量、積高、あるいは荷役機械の種類、重量、位置などを調査し、所定の調査表に記入する方法をとった。また、目視観測を補完するため、写真撮影（普通カメラ）も同時に行った。なお、調査表の様式及び記入例は表-6.1に示すとおりである。

### (2) 写真撮影観測

雑貨埠頭、鉄鋼埠頭など荷動きの激しい埠頭については、目視観測と同時にメモーションカメラによる8ミリ撮影を行い、貨物及び荷役機械のエプロン上の分布状況その時間的な変化等を調べた。

メモーションカメラは、普通の8ミリ撮影カメラにタイマーがセットされたものであり、普通撮影（毎秒16コマ）から15分に1コマという超微速撮影まで自由に撮影間隔を変化させることができるカメラである。このメモーションカメラを調査対象埠頭のエプロンが見渡たせるような高所にセットし、撮影を行った。

### (3) 調査対象埠頭

(1)及び(2)の調査対象埠頭として、雑貨埠頭、重量物専用埠頭、木材埠頭、ばら荷埠頭などそれぞれ取り扱い貨物が異なり、利用形態に特徴がある埠頭を選んだ。今回調査を行った埠頭の取り扱い貨物、及び調査方法の一覧は表-6.2に示すとおりである。

## 6.3 調査結果

各調査対象埠頭におけるエプロン現場観測の調査結果の概要をまとめたのが表-6.3である。また、各埠頭の調査地点を図-6.1(a)~(b)に示した。

雑貨については二埠頭で調査を行ったが、その他の貨物についてはそれぞれ一埠頭で調査を行っているだけで

あり、それぞれ事情が異なるので、各埠頭別に調査結果を述べて行くことにする。なお、横浜港山下埠頭、本牧埠頭については第二港湾建設局横浜調査設計事務所、名古屋港鉄鋼埠頭、石炭埠頭については第五港湾建設局設計室、神戸港摩耶埠頭については第三港湾建設局神戸調査設計事務所及び神戸港工事事務所、小松島港金磯地区については神戸調査設計事務所、小松島港工事事務所に調査を依頼した。

### (1) 横浜港山下埠頭（雑貨）

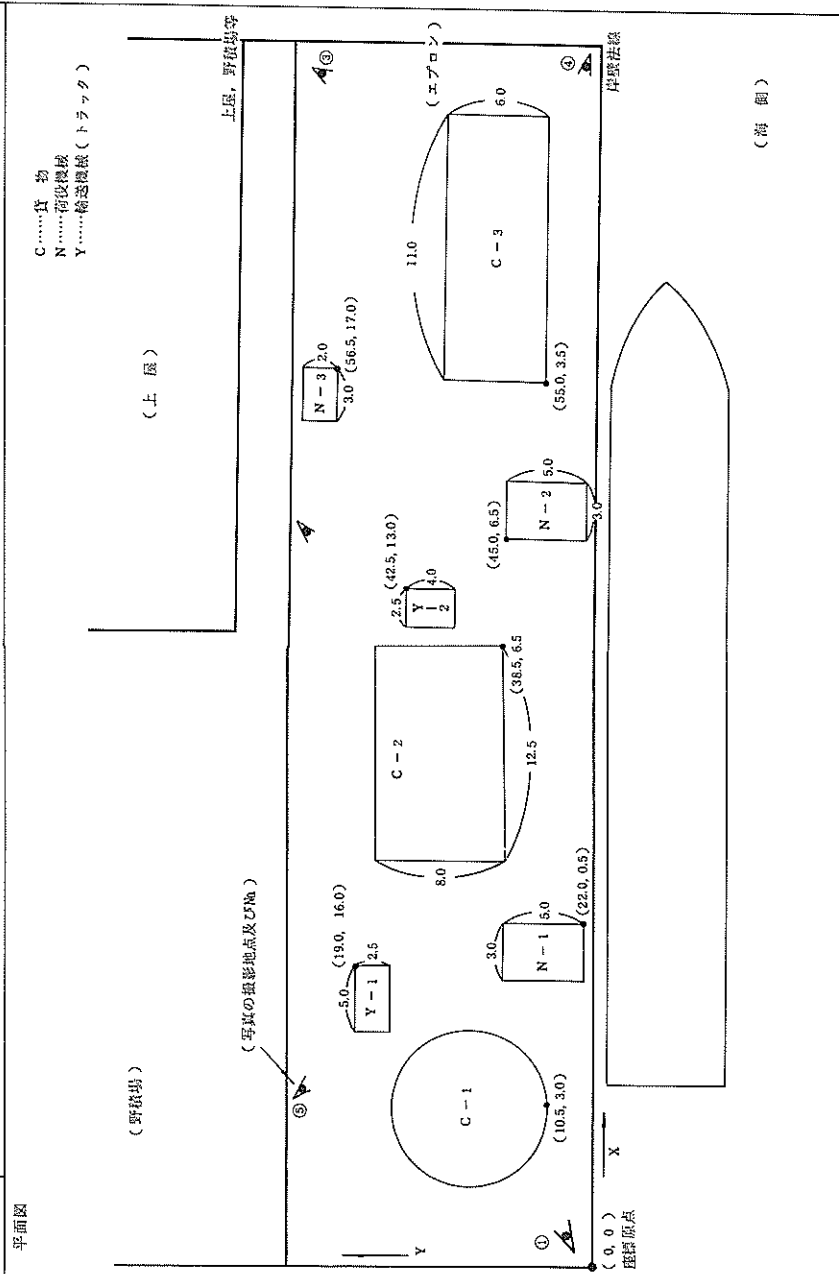
雑貨を取り扱う埠頭として、横浜港山下埠頭第3バースを調査対象埠頭として選定した。雑貨については、山下埠頭のはかに、神戸港摩耶埠頭も調査箇所となっている。山下埠頭の調査地点は図-6.2に示すとおりである。また山下埠頭第3バースの標準断面図は図-6.3のとおりで、横さん橋式構造となっている。

調査はメモーションカメラによる写真観測と、目視観測の両方を行った。写真観測に用いるメモーションカメラは、山下埠頭第2バースの第3バース寄りにある倉庫（上屋兼用）の3階通路（ベランダ）に設置し、カメラを第3バースの方に向けてセットした。したがって、第3バースの奥のエプロンはカメラでとらえることができず、調査区域は第3バースの半分くらいにとどまった。

写真観測は、メモーションカメラ（8ミリ）により15分に1コマの割合で写真撮影を行った。そのフィルムを普通のスピードで映写すると、昼間の荷役作業の状況変化が短時間のうちに再現され、非常に興味のある結果が得られた。調査は合計18日間行ったが、そのうち、荷動きの激しい数日間について、1コマごとに簡単なスケッチを行い、その荷動きの変化をとらえた。図-6.4は9月2日の写真観測の結果をスケッチしたもので、朝9時25分から夕方4時45分まで30コマに分かれている。図中の記号は、C；貨物、N；荷役機械（フォークリフトが主）、Y；輸送機械（トラック、トレーラーなど）、J；乗用車、をあらわしている。1コマ目の中に、はしけの近くに大きな枠で囲まれたNがあるが、これは、フォークリフトではなく、はしけの貨物を陸揚げするためのトラッククレーンである。このスケッチを見ると、15分ごとでも、エプロン上の荷動きは激しく、特にはしけの回りの貨物の載荷状況は目まぐるしく変化している。8コマ目から17コマ目までは、はしけ付近のトラッククレーンが2台になっている。貨物以外にも、トラックやトレーラーが、エプロン上に頻繁に出現しており、エプロン上の貨物がトラックやトレーラーによって搬出入されている状況がよくわかる。また、夕方になって荷役作業

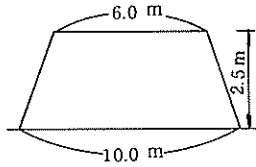
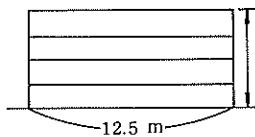
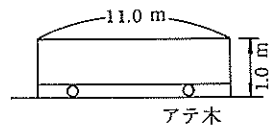
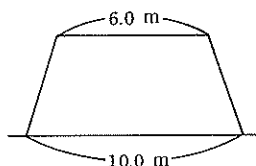
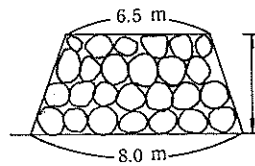
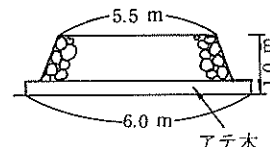
表-6.1 調査表の様式及び記入例

調査表(その1) ----- 総括表および平面図 -----									
調査日	50年5月12日(月曜日)	開始時間	13時50分	終了時間	14時10分	観測者名	遠藤, 荒田		
埠頭名	港研埠頭第1号岸壁	埠頭水深	- 4.5 m	埠頭延長	70 m	エプロン幅	20 m		
船舶の着岸の有無	(有)	船名	久里浜丸	総トン数	1,000 t	接岸時刻	5月11日13時00分		
荷役作業の有無	(有)	本船クレーン使用の有無	(有)	荷役機械の有無	(有) (3台)	荷役機械使用の有無	有(台) (無)		
写真撮影の有無	(有) (5枚), 無								
備考	貨物の積揚げすでに完了。								



調査表(その2) — 貨物の正面図, 側面図 —

調査日 50年5月12日

貨物の記号	C-1	C-2	C-3
貨物の種類	砂	原木	鋼材
貨物全体の重量	不明	不明	不明
前回調査時の有無	無	有	無
備考		ラワン原木	線材
正面図			
側面図			

調査表(その3) — 荷役機械, 輸送機械 —

荷役(輸送)機械の記号	N-1	N-2	N-3	Y-1	Y-2
荷役(輸送)機械の種類	トラッククレーン	クローラクレーン	フォークリフト	トラック	トラック
荷役(輸送)機械の能力(t)	20 t	25 t	2.5 t	10 t 積	8 t 積
荷役(輸送)機械総重量	23.4 t	26.6 t	3.4 t		
主な取り扱い貨物	砂, 砂利	鋼材等	砂, 砂利	砂, 砂利	雑貨用
位置詳細, その他	アウトリガー使用	接地圧 0.6 kg/cm <sup>2</sup>	シャベル式 フォークリフト		

が終りに近づくと、エプロン上の貨物や荷役機械がなくなっていくことが、 $\odot$ ,  $\ominus$ コマ目で観察される。事実、他の日のスケッチ、あるいはフィルムを見ても、夕方になると必ずエプロン上はきれいに片付けられ、貨物、荷役機械などはエプロンから姿を消してしまうことがよくわかる。

一方、目視観測についても、6日間調査を行ったが、重量等を正確につかむことができず、また貨物等のエプロン上の載荷も少なかった。したがって目視観測については神戸港の結果で考察することにした。

雑貨埠頭については、以上の結果と神戸港摩耶埠頭の

結果をあわせ、神戸港の観測結果のところまでまとめてその特徴を記述することにした。

表-6.2 エプロン現場観測調査対象埠頭一覧

調査対象埠頭	取扱貨物	調査方法
横浜港 山下埠頭	雑貨	写真観測・目視観測
" 本牧埠頭	重量物専用	目視観測のみ
名古屋港鉄鋼埠頭	鋼材	写真観測・目視観測
" 石炭埠頭	石炭	目視観測のみ
神戸港 摩耶埠頭	雑貨	写真観測・目視観測
小松島港金磯地区	木材	目視観測のみ

表-6.3 エプロン現場観測調査結果概要一覧

調査埠頭名	対象貨物	設計条件	調査方法及び期間	調査概要
横浜港 山下埠頭第 3バース	雑貨	設計水深 -12 m 延長 200 m エプロン幅 18 m 構造形式 さん橋	(写真観測) 昭和50年8月27日～ 10月7日(うち18日 間) (目視観測) 昭和50年9月1日～ 10月6日(うち6日 間)	写真観測については、メモーションカメラを山下埠頭第2バースの第3バース寄りの住友倉庫3階通路(ベランダ)に設置し、観測を行った。倉庫の管理及び横浜市山下埠頭管理事務所の管理の面から、撮影時間を昼間だけ(9:30～16:30)とした。撮影間隔は15分に1コマとした。 目視観測については、3日に1回を原則とした。
横浜港 本牧埠頭D 突堤	重量物 (実際は コンテナ のみ)	設計水深 -10 m 延長 600 m エプロン幅 20 m 構造形式 さん橋	(目視観測) 昭和50年8月11日～ 9月3日(うち15日 間)	観測時間は毎日15時から30分間を原則とした。本牧D突堤は重量物専用埠頭であるが、観測期間中はコンテナ貨物だけであった。
名古屋港 鉄鋼埠頭	鋼材	設計水深 -5.0 m 延長 226.5 m エプロン幅 6 m 構造形式 鋼矢板式	(写真観測) 昭和50年7月22日～ 8月6日(うち11日 間) (目視観測) 昭和50年7月24日～ 8月6日(うち10日 間)	写真観測については、メモーションカメラをロープトリス式橋型クレーンの上に設置し、調査対象区域を岸壁延長90mに限定して観測を行った。最初のうちは、カメラの関係で欠測があった。 目視観測については、荷動きが小さいこともあり、相当地に詳細に大きさ、重量等を測定することができた。
名古屋港 石炭埠頭	石炭	設計水深 -8.9 m 延長 413.2 m エプロン幅 13 m 構造形式 矢板式 (準たな式)	(目視観測) 昭和50年7月23日～ 8月6日(うち13日 間)	岸壁に設置されているアンローダーによって、直接、背後の野積場あるいはトラックに積み込まれてしまうため、エプロン上に石炭を置くことはめったにない。そのため、エプロンは常に閑散としている状態である。
神戸港 摩耶埠頭E バース	雑貨	設計水深 -10～ -12 m 延長 200 m エプロン幅 20 m 構造形式 さん橋	(写真観測) 昭和50年8月13日～ 9月11日(うち16日 間) (目視観測) 昭和50年8月13日～ 9月2日(うち6日 間)	写真観測については、第一突堤取り付け部付近にある倉庫の3階ベランダにメモーションカメラをセットし、Eバースが見渡らせる位置で撮影を行った。なお、撮影は昼間だけに限定した。撮影間隔は15分間に1コマ。 目視観測については、調査期間中6日間行った。
小松島港 金磯地区	木材	設計水深 -9.0 m 延長 170 m エプロン幅 16 m 構造形式 矢板式	(目視観測) 昭和50年7月7日～ 7月19日(うち12日 間)	調査期間中、木材船が係船し、荷役を行っていた。

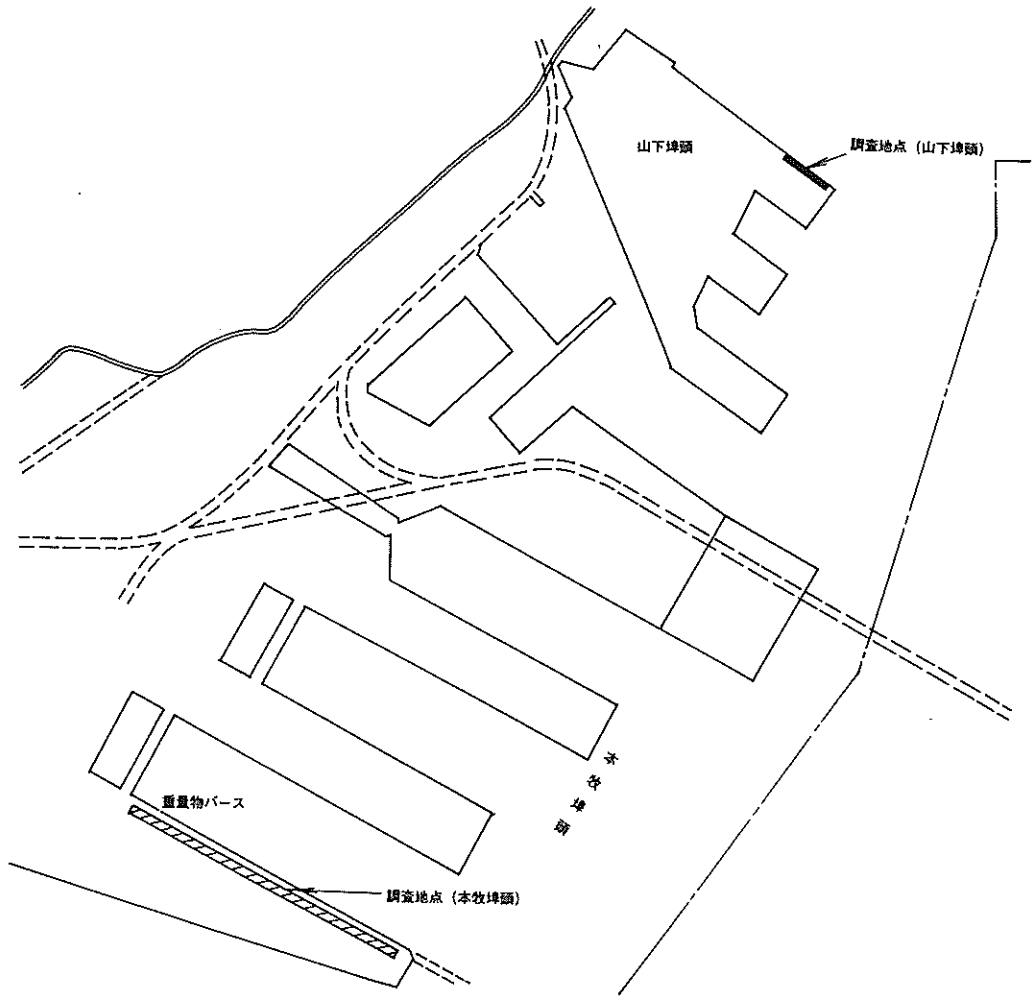
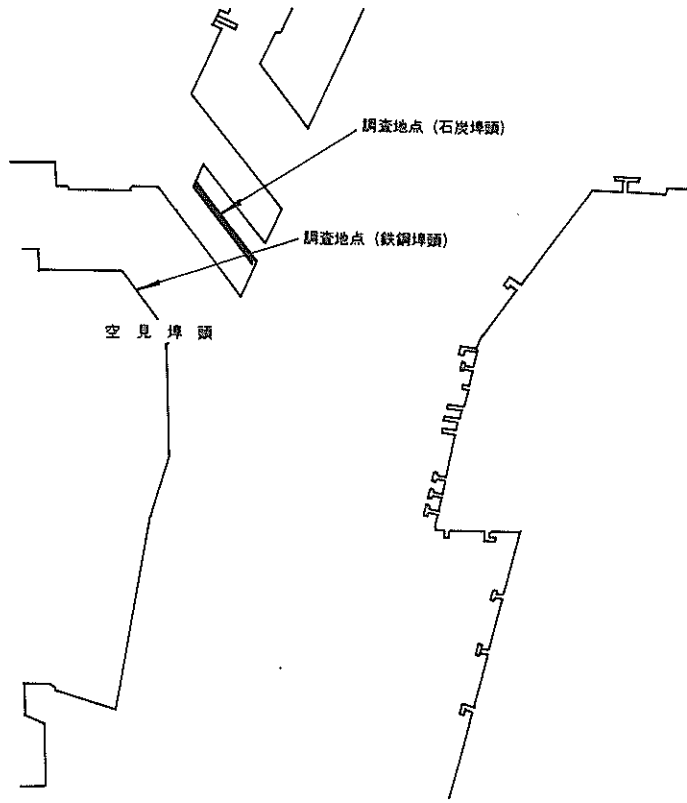
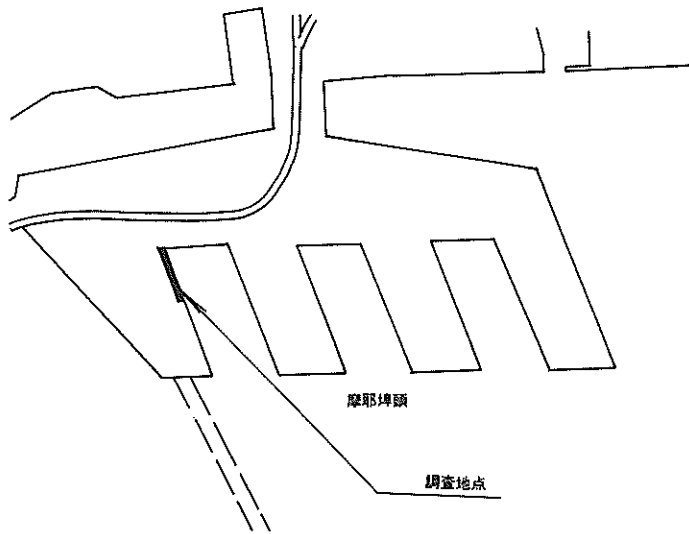


図-6.1 (a) 横浜港現場観測位置図

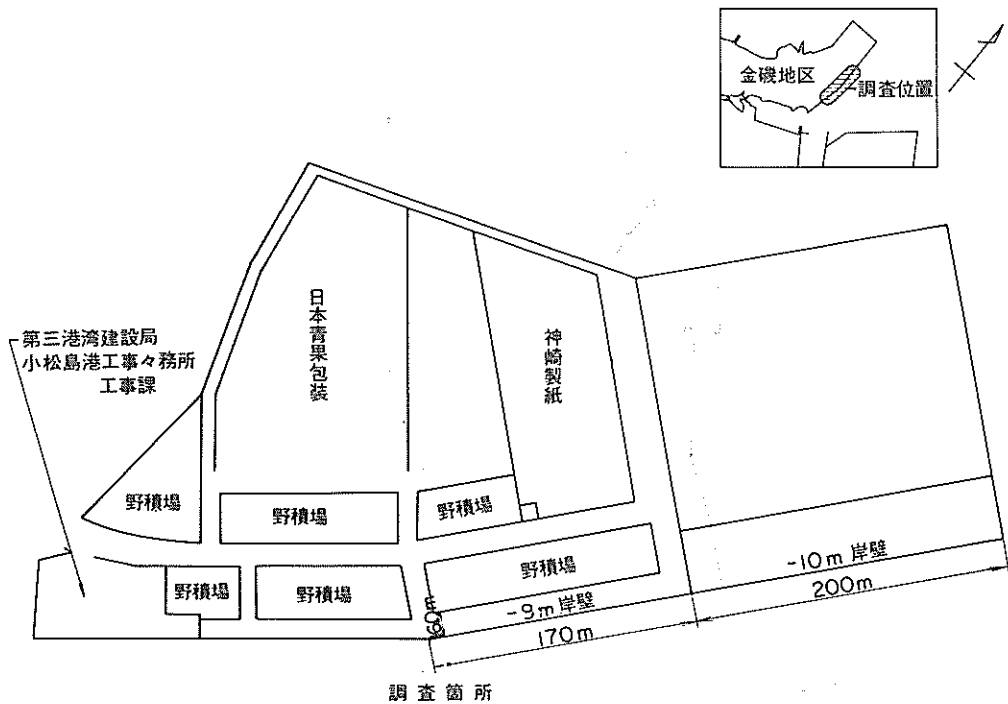


(b) 名古屋港現場観測位置図



(c) 神戸港現場観測位置図





(d) 小松島港現場観測位置図

(2) 横浜港本牧埠頭（重量物貨物）

重量物を取り扱う埠頭として、横浜港本牧埠頭D突堤を選んだが、調査期間中、D突堤で取り扱う貨物は大半がコンテナ貨物であり、それ以外の重量物はほとんどなかった。コンテナ貨物以外には自動車の積出しが1日だけあり、大型プラント類の取り扱いを観測することができなかった。

横浜港本牧埠頭D突堤における調査地点を図-6.5に示す。なおD突堤は横さん橋式の係船岸で、その詳細は図-6.6に示すとおりである。また、さん橋本体の上にはコンテナ貨物を取り扱うためのガントリークレーンが設置されている。

目視観測結果によると、コンテナ貨物の荷役形態は、輸入貨物については、本船からガントリークレーンによってコンテナをエプロン上に降し、それを直ちにストラドルキャリアーによってコンテナヤードに運び込み、また輸出貨物については、逆に、コンテナヤードからストラドルキャリアーを使ってコンテナをエプロン上に運び、ガントリークレーンによって本船に積み込む、いわゆるリフトオンリフトオフ方式を採用している。したが

って、エプロン上にコンテナ貨物が長時間仮置きされることはなく、時々、コンテナ貨物の荷重とストラドルキャリアーの輪荷重が作用すると考えが良くなる。

今回の目視観測の結果から、以下のとおり気がついた点をまとめてみた。

- ① コンテナ貨物は20 ft コンテナと40 ft コンテナのいずれかであった。積み降しのコンテナの重量を調査したところ、20 ft コンテナの場合は総重量で最高 20.3 t、40 ft コンテナの場合は最高 29.3 tであった。
- ② コンテナの積み降しは1箇所で行われず、コンテナ船の積み付け場所にあわせて、エプロン上を順次移動していく。
- ③ コンテナをガントリークレーン、あるいはストラドルキャリアーによりエプロン上に置くとき、かなりの衝撃荷重が加わっている。
- ④ ストラドルキャリアー以外に、フロントフォークリフトを使用してコンテナを運搬することがあるが、フォークリフトの場合、前輪に大きな荷重がかかるので、注意をする必要がある。

- ⑤ コンテナ貨物を取り扱う埠頭では、コンテナ貨物の重量よりも、ストラドルキャリアーやフロントフォークリフトの輪荷重に特に注意をする必要がある。

(3) 名古屋港鉄鋼埠頭

重量物である鋼材を取り扱う鉄鋼埠頭の現場観測を行った。名古屋港鉄鋼埠頭の調査区域の詳細は図-6.7のとおりで、ダブルリンク式水平引込型クレーン（能力10t、自重205t、作業時最大輪荷重19t）が主に使用される区域（延長90m）を調査対象区域とした。なお、名古屋港鉄鋼埠頭には、上記のクレーンのほかロープトローリー式橋形クレーン（能力20t）があるが、写真観測用のメモモーションカメラは、このロープトローリー式橋形クレーンの上部にセットした。

調査対象区域の標準断面図は図-6.8のとおりで、エプロン幅は僅か6mしかない。また、クレーン脚部間のスパンは20mでこの中が全般にわたって野積場になっている。クレーンの基礎は斜杭によって支えられており、陸側の基礎は前面矢板の控え工も兼ねている。したがって、今回は6m幅のエプロンだけでなく、クレーン脚部

間（20m幅）の野積場についても調査範囲とし、現場観測を行った。

目視観測により、毎日1回、調査対象区域の鋼材の分布状況及びその重量、また荷役機械や輸送機械の有無を調べた。その調査結果より、平面的分布の変化を図に示したのが、図-6.9である。この図は7月24日より8月6日までのうち、目視観測を行った10日間の変化を図で示したもので、枠の中に数字が記されているものは鋼材（H形、U形、矢板、コイルなど）を表わし、数字はその鋼材の平均的な $m^2$ 当りの重量を $0.5t/m^2$ 単位で表わしたものである。また、Yはトラック、トレーラなどの輸送機械を表わす。

鋼材は単位体積重量が大きいので、少し積み高を大きくすれば、 $m^2$ 当りの重量は非常に大きくなる。今回の調査でも $4.5t/m^2$ の積載荷重になっているところもあり、雑貨埠頭などでは考えられない大きさの積載荷重が常時作用していることがわかる。ただし、そのような大きな積載荷重が分布しているのは、クレーン脚部間の野積場だけである。この野積場は、船舶により搬入された鋼材の仕分けと仮置きのための施設であるが、不況のためか、

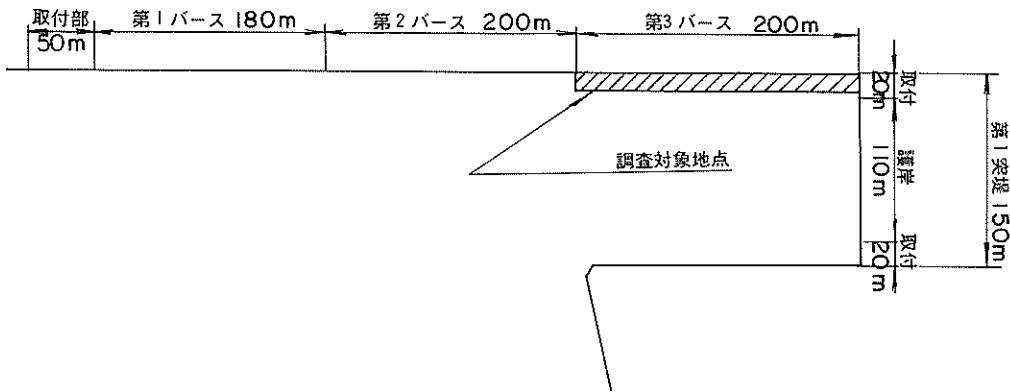


図-6.2 横浜港山下埠頭調査地点

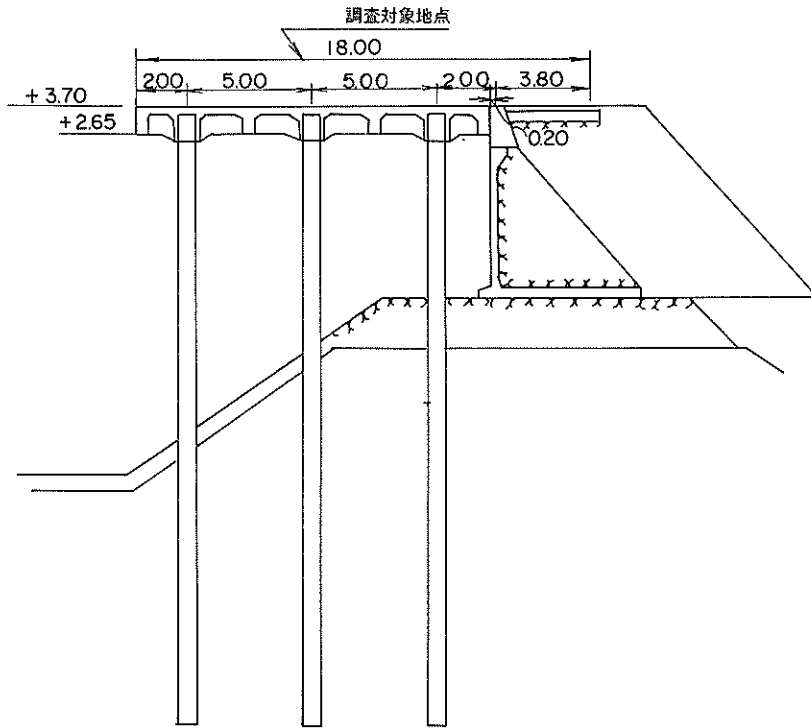
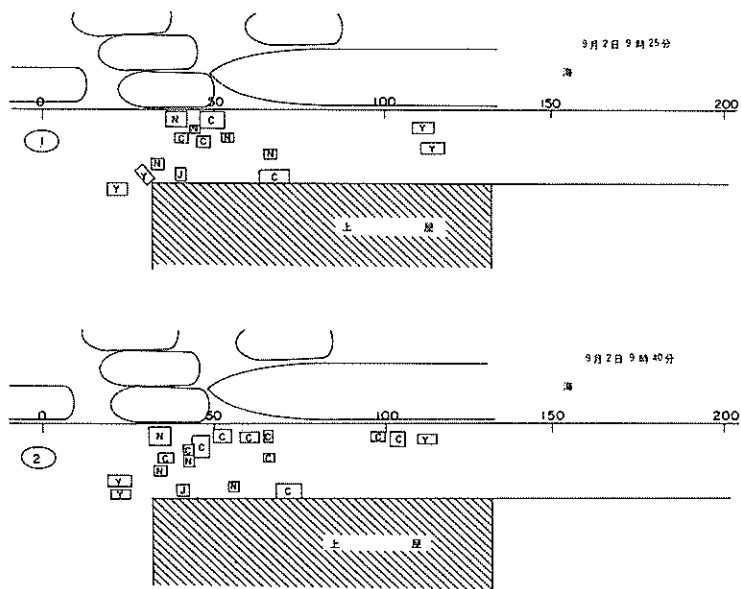
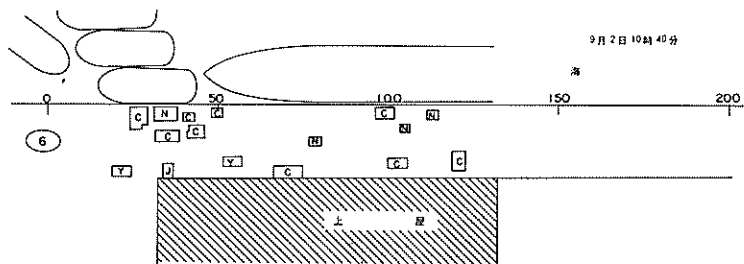
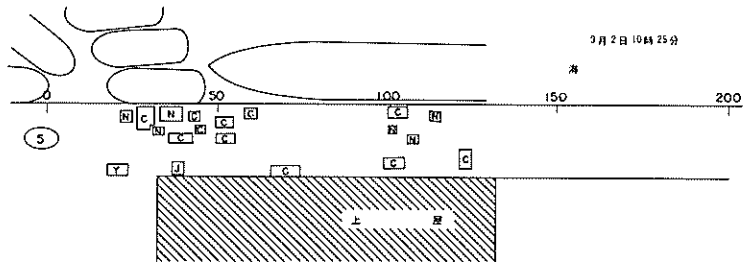
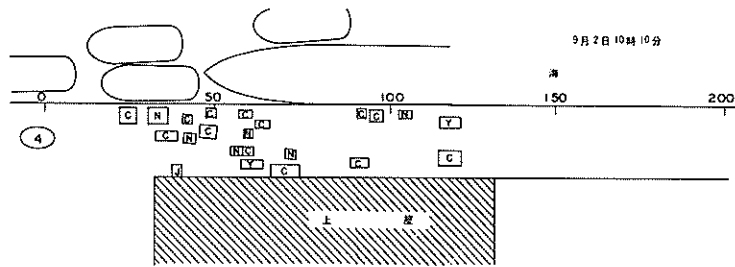
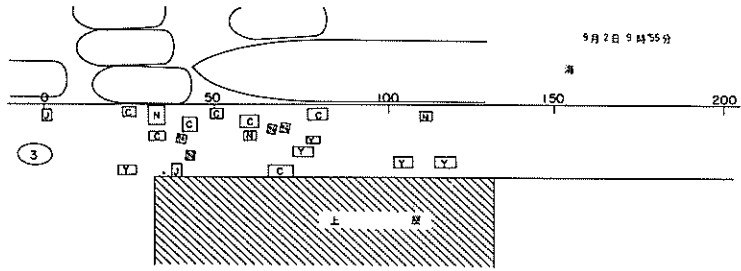
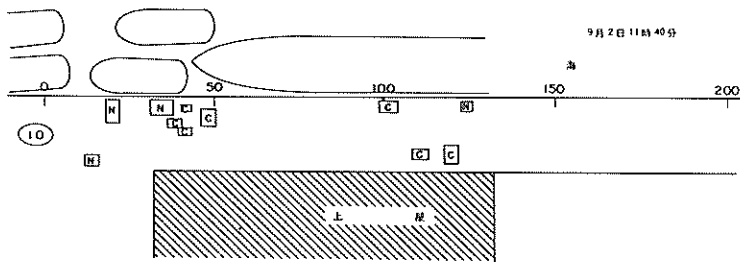
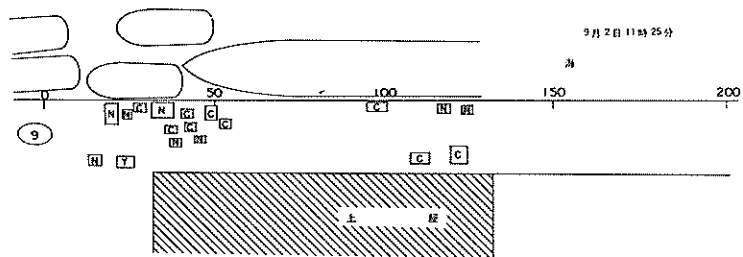
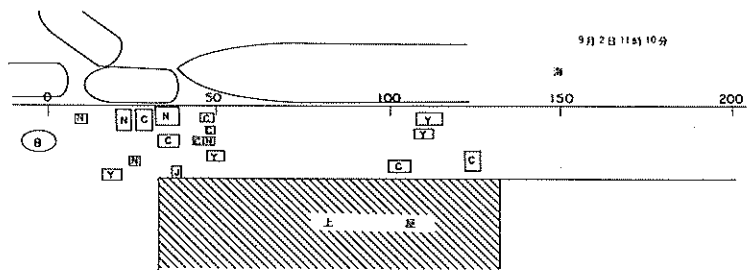
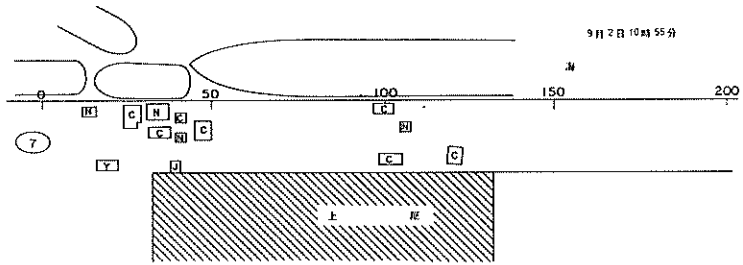


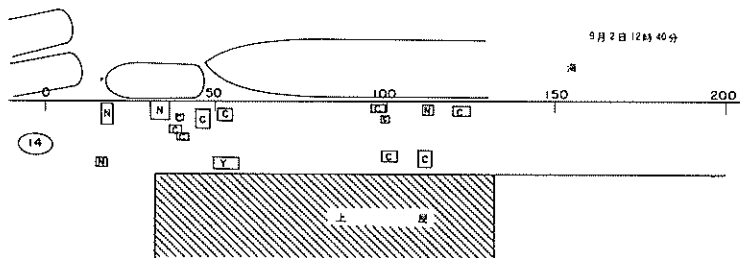
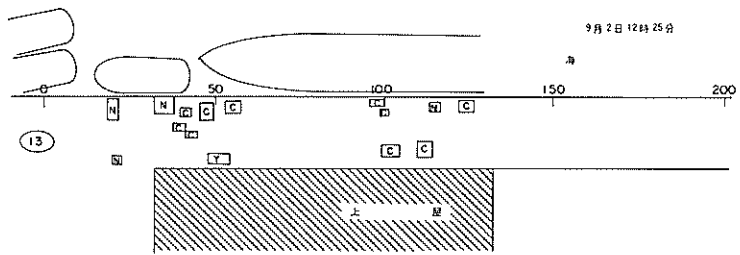
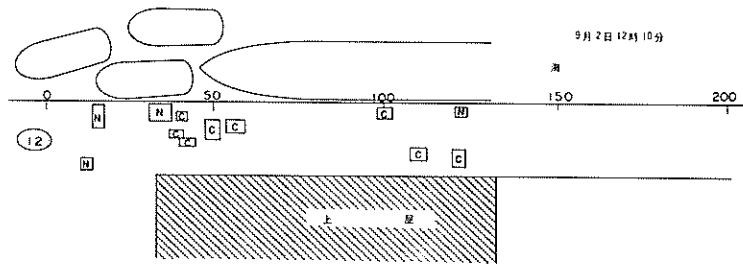
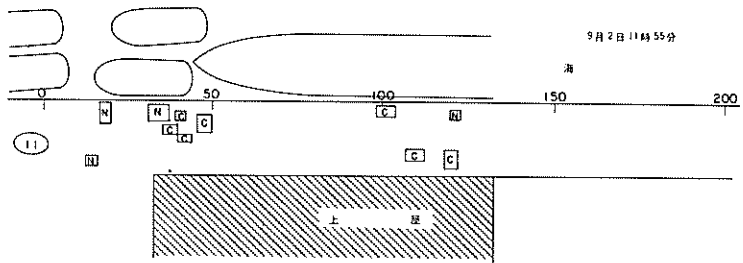
図-6.3 横浜港山下埠頭第3バース標準断面図

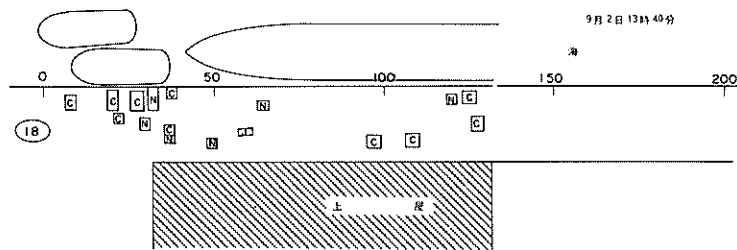
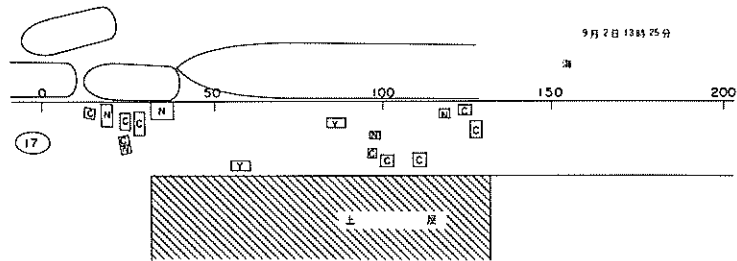
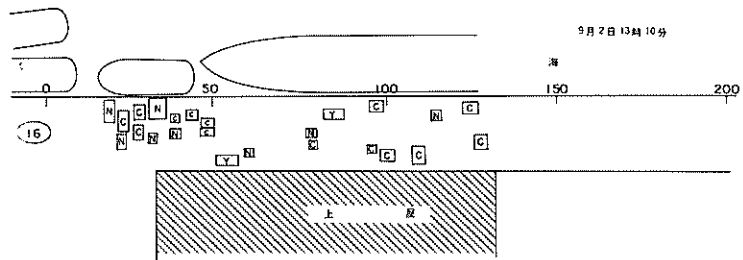
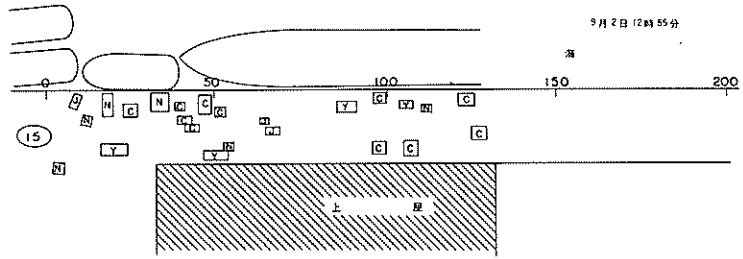
図-6.4 横浜港山下埠頭における載荷重の変化

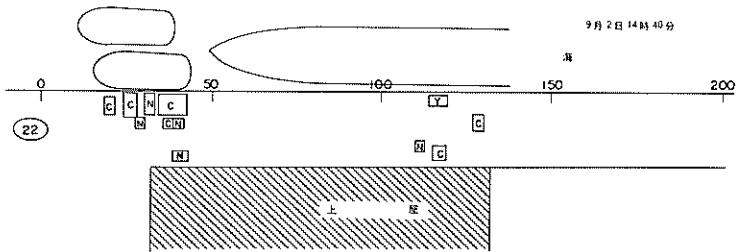
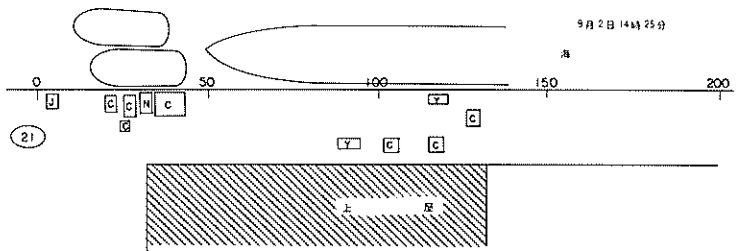
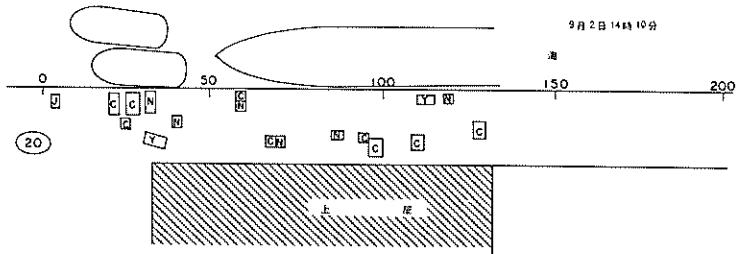
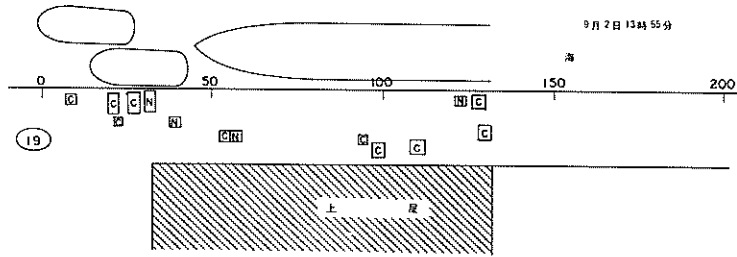




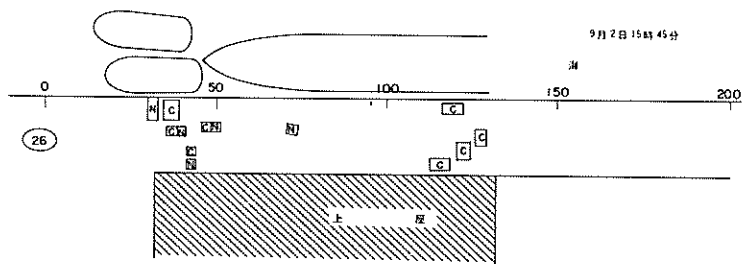
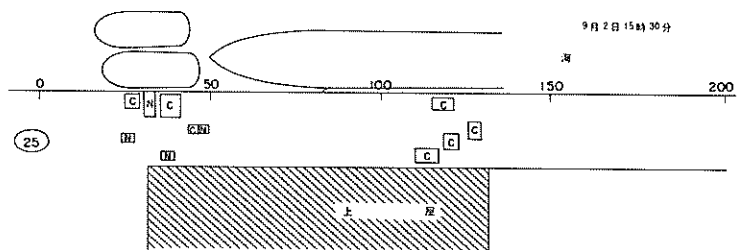
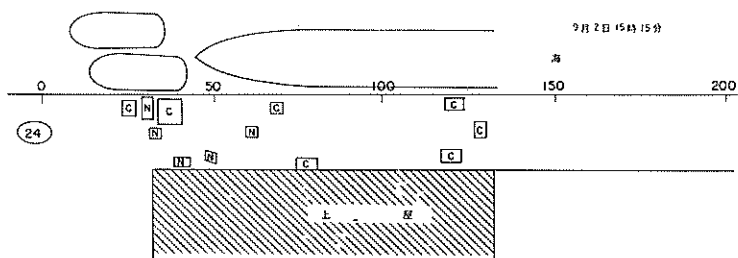
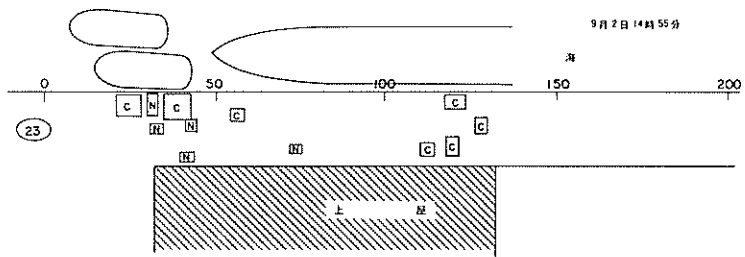


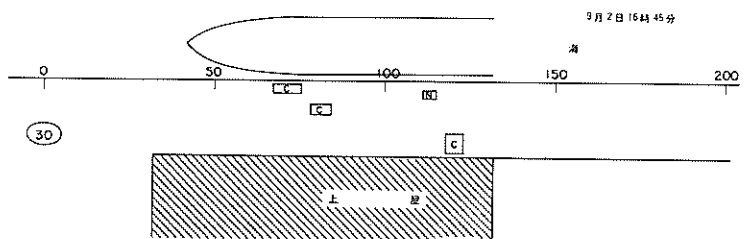
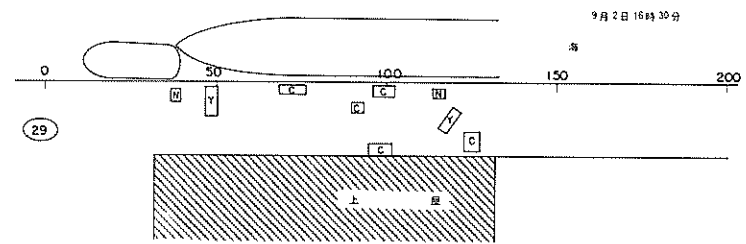
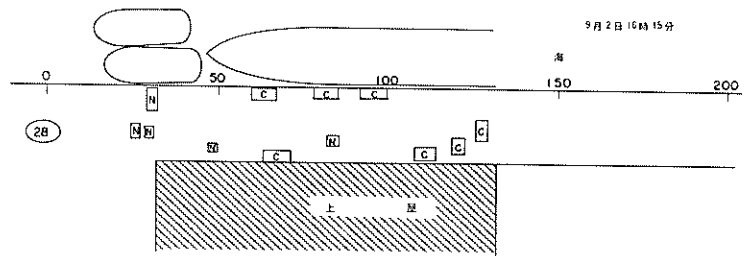
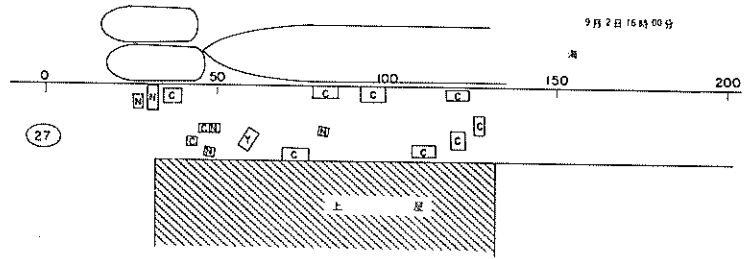












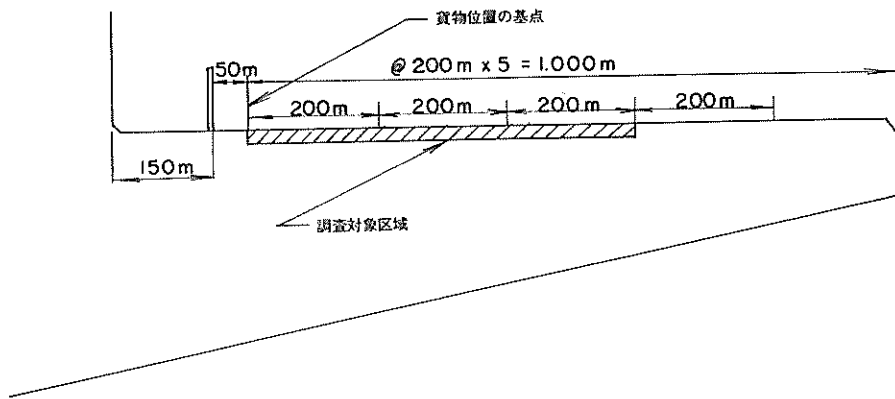


図-6.5 横浜港本牧埠頭D突堤調査地点

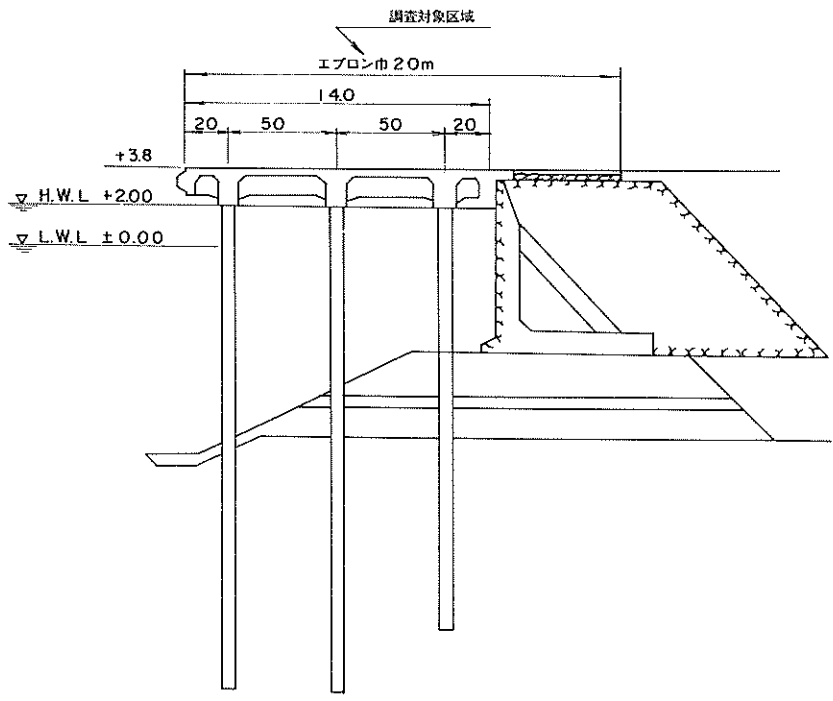


図-6.6 横浜港本牧埠頭D突堤標準断面図

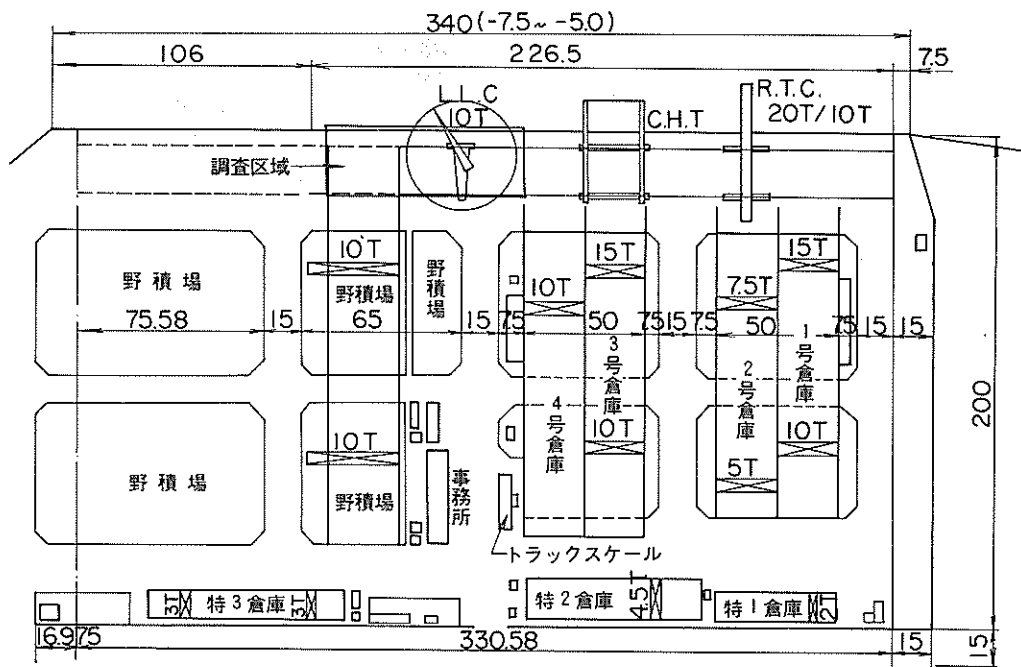


図-6.7 名古屋港鉄鋼埠頭標準断面図

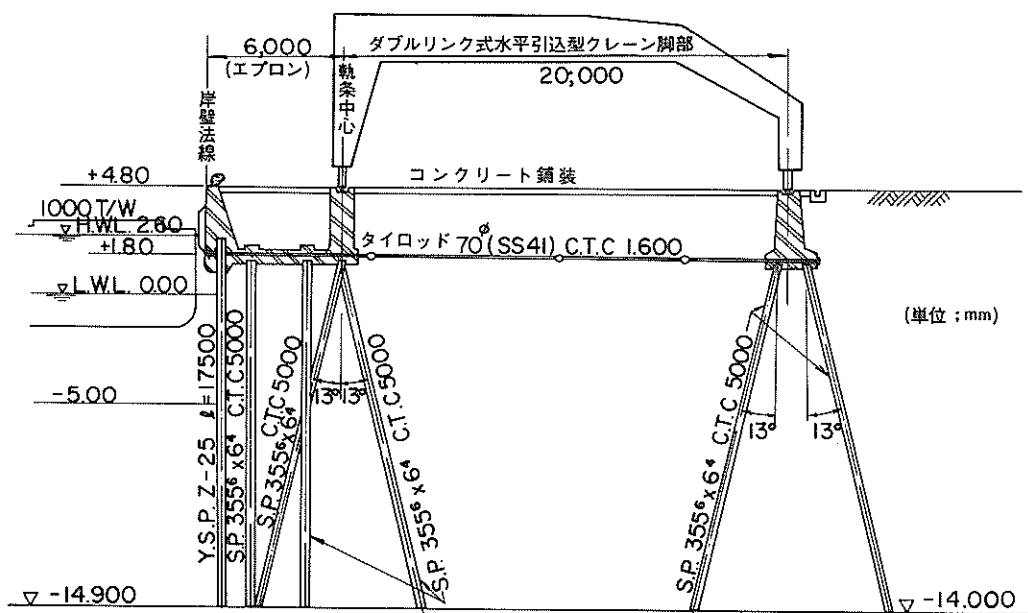


図-6.8 名古屋港鉄鋼埠頭における載荷重の変化

荷動きが少なく、図を見てもそれほど変化がない。

一方、調査の主眼としているエプロンについては、鋼材をエプロン上に直接載荷させることは、まずないようである。ただ、鋼材を直取りするために、トラックやトレーラーをエプロンに置き、クレーンで直接荷台に載せ、搬出させることは頻繁に行われている。したがって、エプロンにはトラック荷重、トレーラー荷重などの活荷重が作用すると考えてよい。

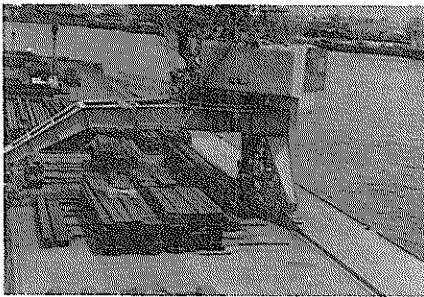
この鉄鋼埠頭については、メモーションカメラによる写真観測も行ったが、カメラの関係で、鋼材の荷動きの変化等を把握するだけの多くの資料が得られなかった。しかし、①エプロンに直接鋼材が載荷されることはなく、全てトラックやトレーラーを利用して、その荷台に直接鋼材が降されること、②ダブルリンク式水平引込型クレーン以外の荷役機械は使用されない、③クレーン脚部に野積みされた鋼材は、荷動きの大きい場所と小さい場所があるが、全体として常に大きな積載荷重が作用しているなどの点は写真観測結果から判断することができた。

参考までに、調査対象区域の概要を写真-6.1 に示す。

#### (4) 名古屋港石炭埠頭

ばら荷貨物の一つである、石炭について調査するため、

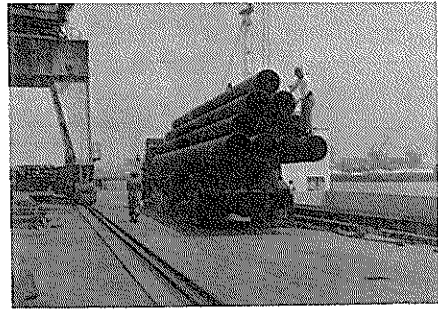
写真 6.1 名古屋港鉄鋼埠頭



(a) 調査対象区域全景



(b) エプロンとクレーン



(c) トレーラによる鋼管の搬出

名古屋港石炭埠頭を調査対象とした。石炭埠頭の詳細は図-6.10 のとおりである。この埠頭は昭和25年頃建設されたもので、突堤全体が石炭専用埠頭となっている。突堤の断面は図-6.11 に示すとおりで、今回調査対象としているのは、図の左側の埠頭(水深-8.9 m、延長 413.2 m、エプロン幅 13 m)で、石炭の荷揚げ専用である。突堤の幅は全体で 70 m あり、図の中央は野積場、右側は搬出のための物揚場及び貨車引込線となっている。また突堤断面全体をカバーする大型橋形水平引込クレーン(能力 150 t/hr、バケット容量 2.5 t、輪荷重約 30 t)が 3 基設置され、石炭及びコークスを取り扱う大型の専用埠頭である。

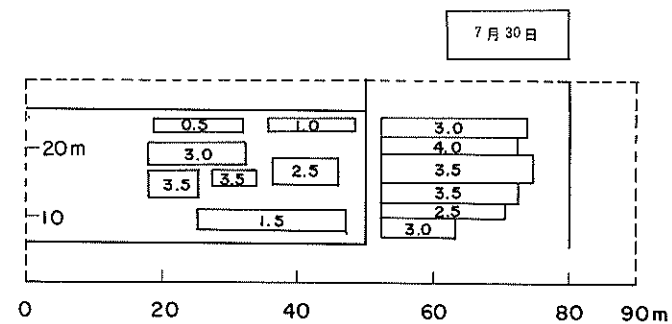
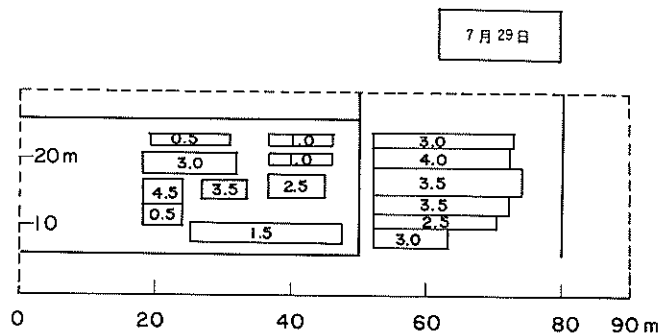
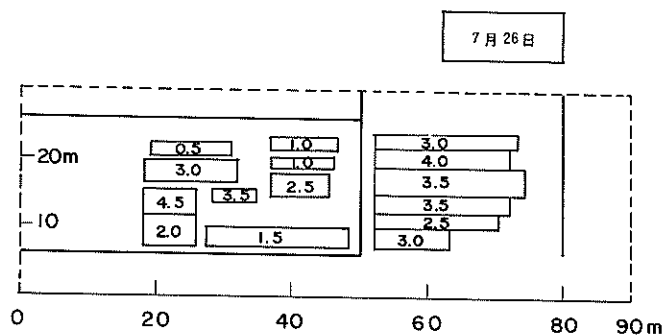
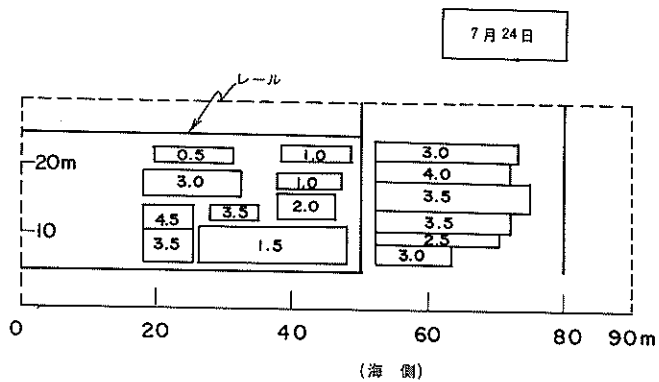
また、調査対象としている側の係船岸の構造は、控工を有する準たな式の矢板式係船岸で、エプロン幅と大略同じ幅のたな部を有している。

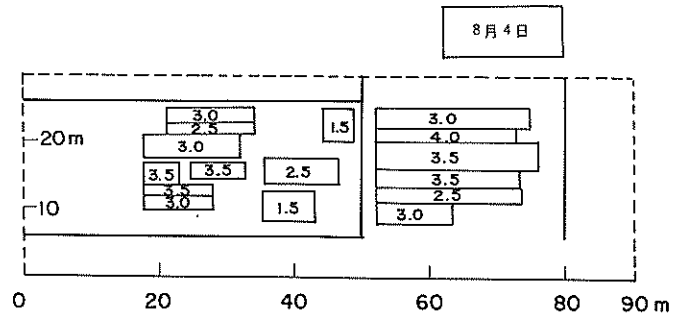
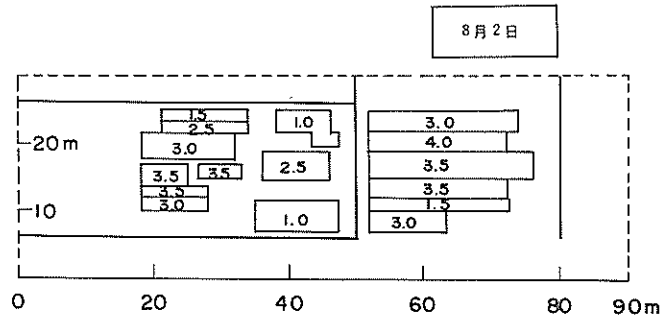
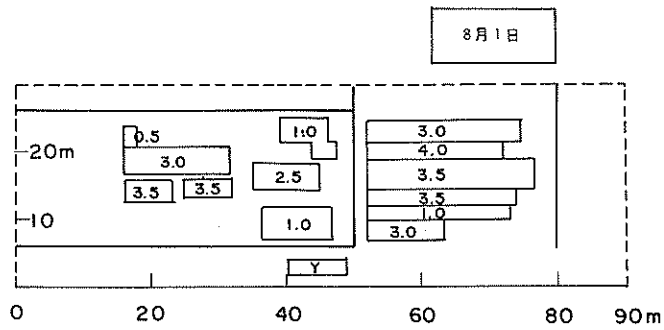
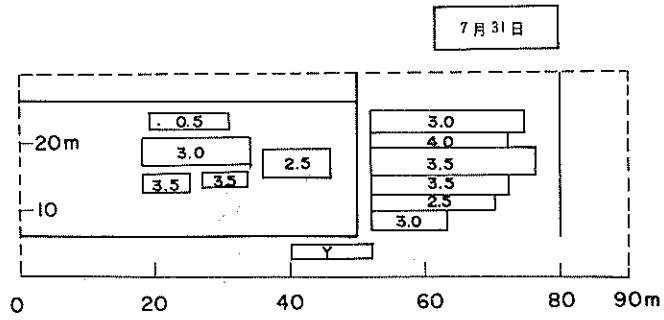
石炭埠頭については目視観測を延べ 13 日間行ったが、そのうちの 10 日間は船が係留しており、石炭埠頭における荷役形態の平均的な状況はとらえられていると考えられる。石炭埠頭の荷役方法も鉄鋼埠頭と同様に船から直接クレーンで野積場に陸揚げされることが多く、エプロンはダンプトラックに直接コークス等を積み込む場合や、石灰の袋を一時仮置きする場合にのみ利用されている。

表-6.4 は 13 日間の目視観測期間中、エプロン上で観察された、貨物、トラック、荷役機械の数量をとりまとめたものである。この表をみてもわかるとおり、エプロン上に貨物をじかに置くことはほとんどなく、ダンプトラックに直接石炭、コークスなどをクレーンのバケットを使って積み込んでいる。ショベルカーや小型ブルドーザはドドマイドの積み込みや落ちこぼれた石炭、コークスの後片付けに使用されている。他の荷役機械としては、25 t 吊りのトラッククレーンがエプロン上で使用されているが、これは、はしけから石灰袋を陸揚げする際に用いられたものであり、臨時的な措置であると考えられる。

このように石炭埠頭においては、背後に大きな野積場

図-6.9 名古屋港鉄鋼埠頭における載荷重の変化





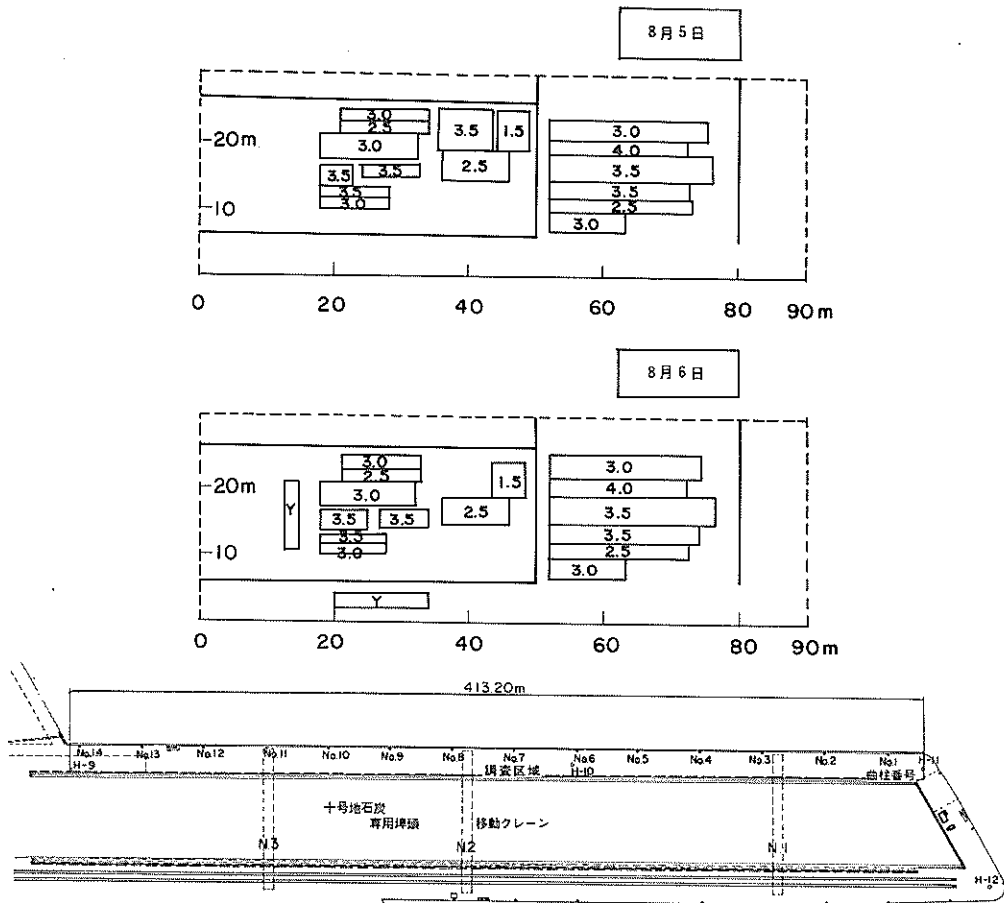


図-6.10 名古屋港石炭埠頭調査地点詳細図

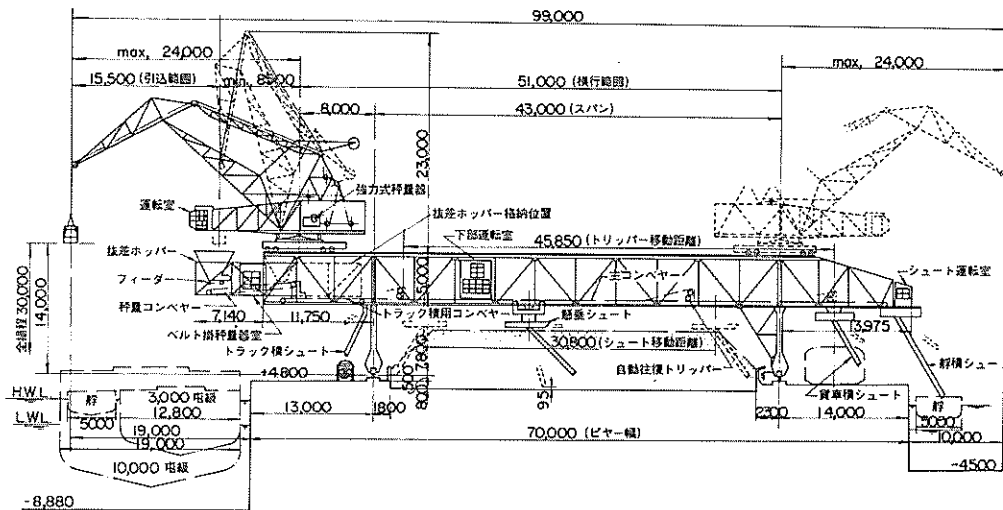


図-6.11 名古屋港石炭埠頭断面図



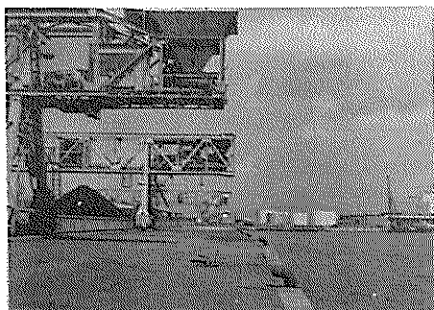
表-6.4 名古屋港石炭埠頭におけるエプロン上の状況

調査月日	貨物	輸送機械	荷役機械
7月23日	なし	なし	なし
7月24日	なし	なし	なし
7月25日 (係船中)	なし	ダンプトラック(8t積) 5台	ショベルカー(能力2t) 2台
7月26日 (係船中)	なし	ダンプトラック(8t積) 2台	なし
7月28日 (係船中)	ドドマイド (エプロン上 6×8m)	ダンプトラック(8t積) 1台	ショベルカー(能力1t) 1台
7月29日	なし	なし	なし
7月30日 (係船中)	石灰(袋詰) (エプロン上 1×10m)	ダンプトラック(8t積) 1台	フォークリフト(能力2.5t) 1台 トラッククレーン(能力25t) 1台
7月31日 (係船中)	なし	ダンプトラック(8t積) 3台	ショベルカー(能力1t) 1台
8月1日 (係船中)	なし	ダンプトラック(8t積) 1台	ショベルカー(能力1t) 1台
8月2日 (係船中)	なし	ダンプトラック(8t積) 1台	ショベルカー(能力1t) 3台 小型ブルドーザ 1台
8月4日 (係船中)	なし	ダンプトラック(8t積) 2台	なし
8月5日 (係船中)	なし	ダンプトラック(10, 8t積) 4台	ショベルカー(能力1t) 2台
8月6日 (係船中)	なし	ダンプトラック(10t積) 4台	なし

がある場合、エプロン上に貨物が積荷されることはほとんどなく、じかに陸揚げする場合のダンプトラック、それに付随する小型荷役機械のみがエプロン上の荷重として考えられる。

また、石炭埠頭における荷役状況を参考までに写真-6.2に示す。

写真 6.2 名古屋港石炭埠頭現場観測



(a) 石炭埠頭全景



(b) ダンプトラック積込作業

(5) 神戸港摩耶埠頭(雑貨)

雑貨を取り扱う埠頭として、神戸港摩耶埠頭Eバースを調査対象埠頭として選定した。選定理由は、突堤の取り付け部に一番近く、取り付け部にある倉庫の上から、写真撮影が可能なことである。観測地点は雑貨を取り扱う埠頭としては、日本有数の場所であり、それだけ荷動きも大きい。

メモーションカメラを使用した写真観測は延べ16日

間行い、非常に豊富なデータが得られた。写真観測の解析方法については1コマ1コマを簡単にスケッチし、貨物、荷役機械、トラック等の平面的な分布を概略とらえ、それが時間によってどのように変化するかを調べた。もちろんこの写真観測からは、雑貨の重量等の把握は不可能であるが、その点については目視観測の重量測定で調査をカバーすることにした。

なお、調査したバースの標準断面は図-6.12のとおりである。

写真観測の一例を図-6.13に示す。これは9月4日～5日の2日間(9月4日8:15～16:15, 9月5日8:25～14:10)のエプロン上の載荷状況を15分1コマごとにスケッチしたものである。図中のCは雑貨、Nはフォークリフト、トラッククレーンなどの荷役機械、Yはトラック、トレーラーなどの輸送機械、Jは乗用車を表わす。係留中の船舶は、前日9月3日の夕方5時に接岸しており、荷役作業は9月4日から開始された。また、9月6日の朝9時に離岸していることから、9月5日のうちに荷役作業は終了している。つまり、9月4日～5日の2日間の観測は荷役作業の開始から終了までをすべてとらえていることになり、荷役作業に伴うエプロンの状況変化の1サイクルをとらえていることになる。

①～②コマ目は、エプロン上には何もなく、③コマ目から貨物が集荷され始めている。貨物は直背後の上屋からではなく、直接トラックによって、エプロン上に運ばれてくることが多いようである。エプロン上で使用される荷役機械はフォークリフトが多いが、⑩コマ目から現われた艀の貨物を陸揚げするためにトラッククレーンが使用されている。⑩コマ目ぐらいから荷役作業が活発になり、エプロン上の荷動きが非常に激しくなっている。しかしながら、エプロンが貨物で埋まることはなく、スペース面から考えれば、空いている面積の方が、貨物の置いてある面積より少なくなるということはないようである。⑬コマ目で、9月4日の観測は終わっているが、その日の荷役作業も終りに近く、エプロン上はほとんど貨物がなくなってしまっている。ただ、上屋の直前に貨物が整理されているだけとなっているが、これは積み込み用に準備された貨物か、あるいは陸揚げされた未整理貨物のいずれかである。⑭コマ目から9月5日の分が始まっている。しかし、大半の荷役作業が終ってしまったためか、荷動きは小さく、昼ごろには全くエプロン上が空になってしまっている。⑳コマ目以降、最後の㉑コマ目まで変らず、荷役終了後の雑貨埠頭のエプロンは無載荷とすることがわかる。

例示した以外の写真観測についても、ほとんど同じで

あり、船舶が係留している場合の屋間以外はエプロンには何も置かれていないと考えてよい。エプロンはおくまで荷さばき施設であることを考えると、当然であるといえるが、雑貨埠頭の場合にはこの原則が非常によく守られているようである。

次に観測期間中に行われた6日間の目視観測の結果をまとめたのが図-6.14である。この図は岸壁法線方向50mの区間に限定し、その間の貨物や荷役機械などの分布状況を表わしたものである。雑貨埠頭で取り扱う貨物の大半が0.5～1.0 t/m<sup>2</sup>の貨物であり、1.0 t/m<sup>2</sup>を超える貨物は非常に少ないことがわかる。また、貨物は船舶に積み込む輸出貨物が多いため、海側に集中しているのが特徴で、ある程度エプロン上の使い分けが行われていることがわかる。

以上のことから、神戸港摩耶埠頭における雑貨埠頭の特色を整理してみると次のようになる。

- ① エプロン上に貨物、荷役機械等があるのは、船舶が係留している場合だけと考えてよい。また、夜間の荷役作業が行われなくなったため、夜間にも、エプロン上は空になることが多い。
- ② 貨物の積載荷重は0.5～1.0 t/m<sup>2</sup>が多く、1.0 t/m<sup>2</sup>を超える貨物は少ない。
- ③ 貨物、荷役機械、輸送機械の平面的分布をみると、エプロン全体の面積に比べてそれらの占有面積は小さい。

#### (6) 小松島港金磯地区(木材)

ばら荷貨物である木材のエプロン上における載荷状態を調べるため、小松島港金磯地区を調査対象地点に選んだ。調査対象地点は水深-9.0m岸壁である。標準断面は図-6.15に示すとおりで、本岸壁は矢板式の構造となっている。

エプロンは木材の検尺等が行われるだけで、必ず木材は野積場の方へ搬出されている。

調査期間中に3隻の木材専用船が接岸し、荷役作業が行われた。荷役作業の方法は、原木や製材を一度エプロン上に陸揚げし、それをログロードによりトラックに積み込んだり、そのまま野積場まで運んだりする形態をとっている。したがって、エプロンは、木材を降すための荷さばき地となっているだけで、検尺をする時以外にエプロン上に長く仮置きされることはないようである。ただ、木材を取り扱うエプロンは、木材を落下させたり、ログロードの爪をひっかけたりすることが多く、簡装の損傷の度合が他の埠頭よりも大きいことに注意する必要がある。

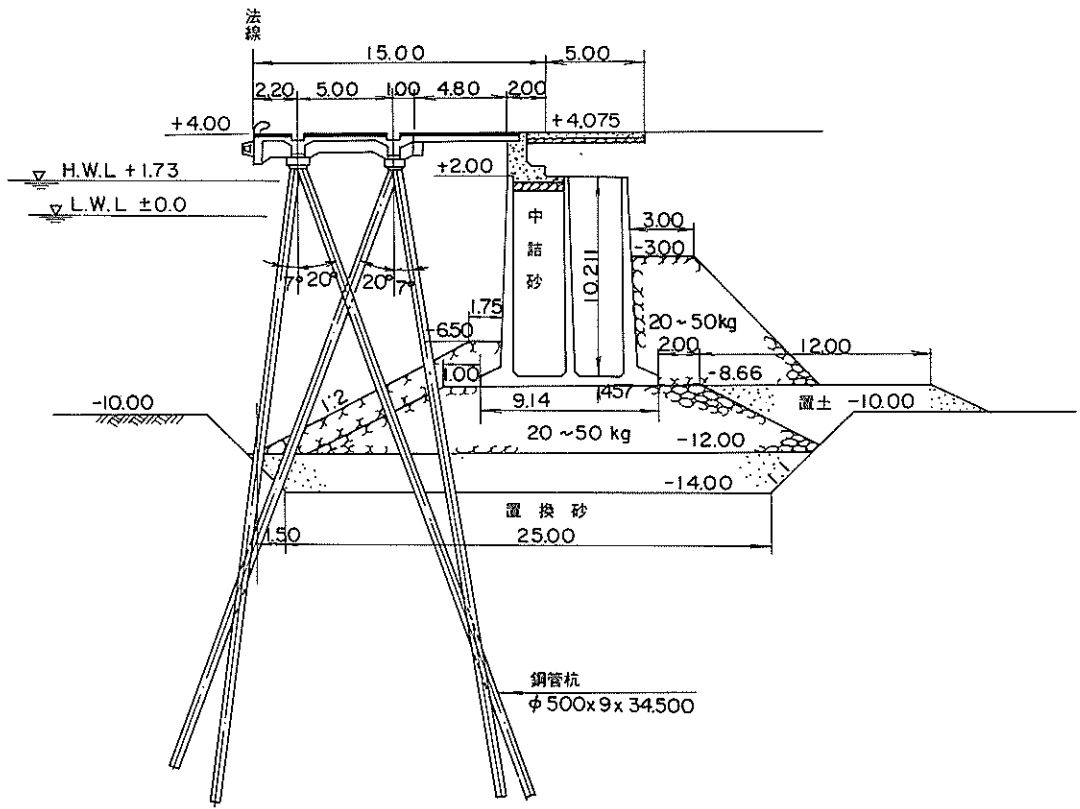
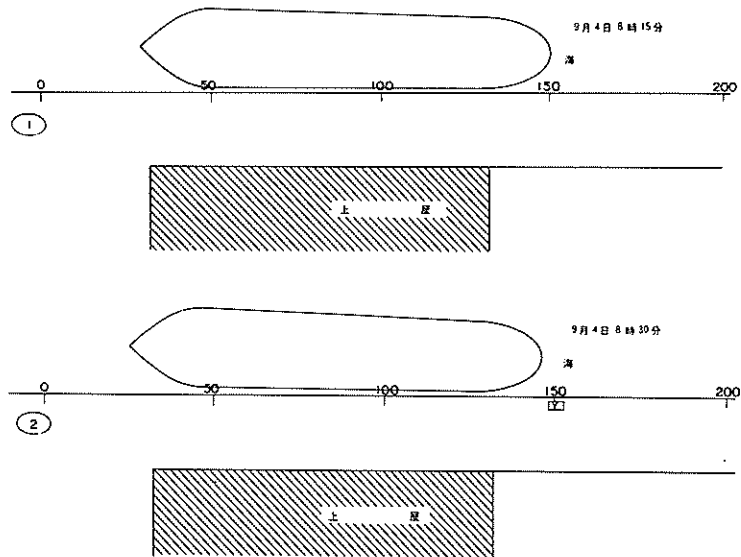
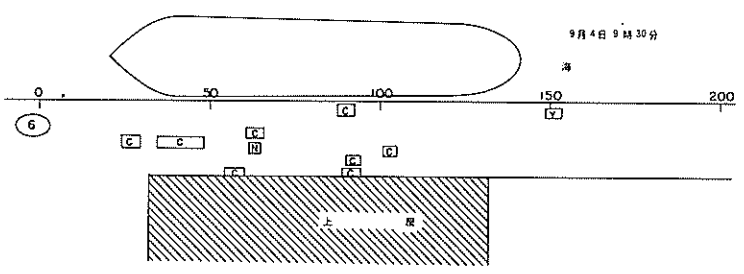
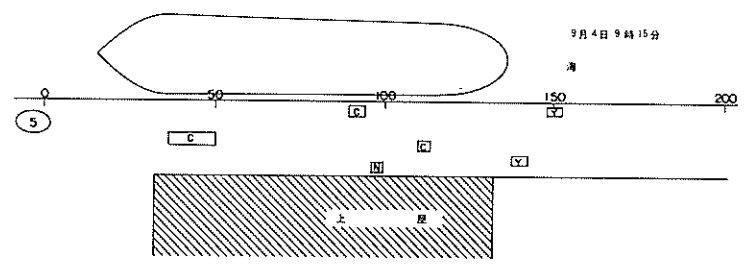
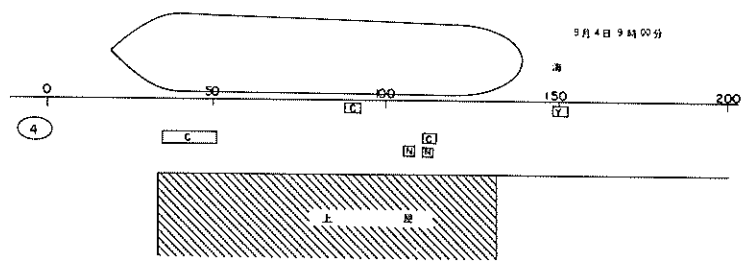
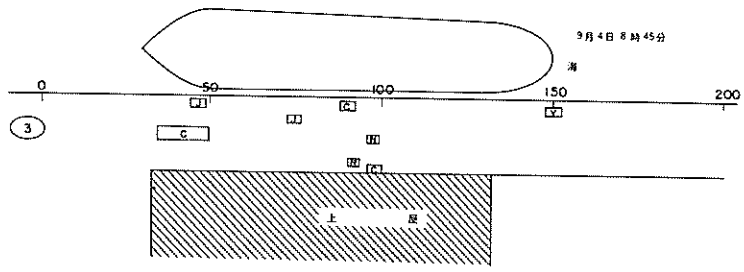
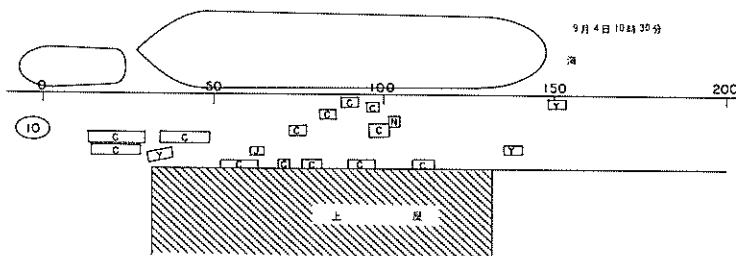
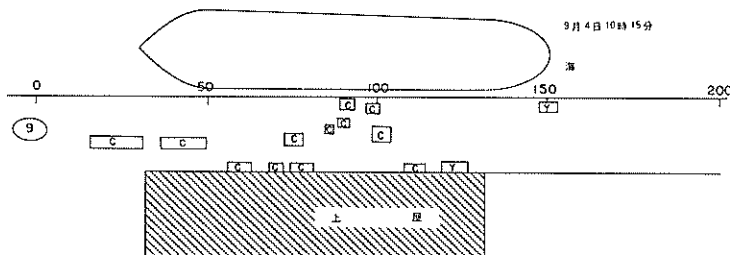
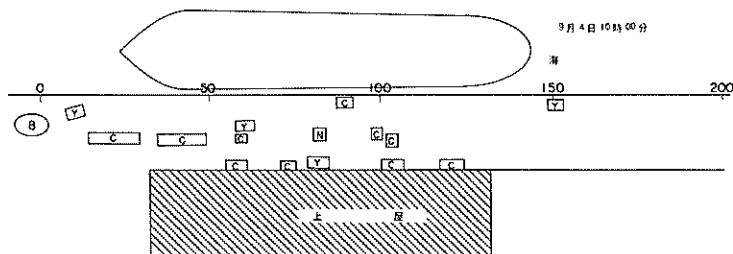
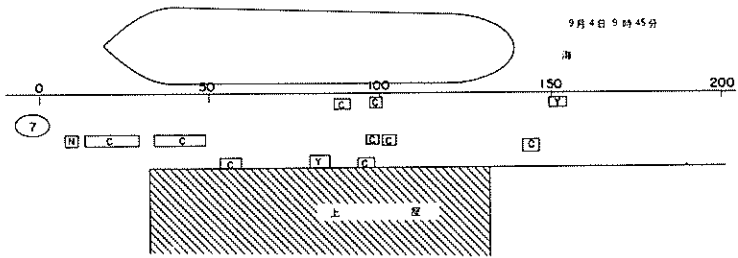


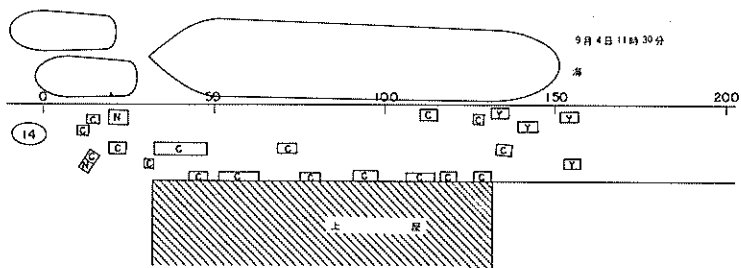
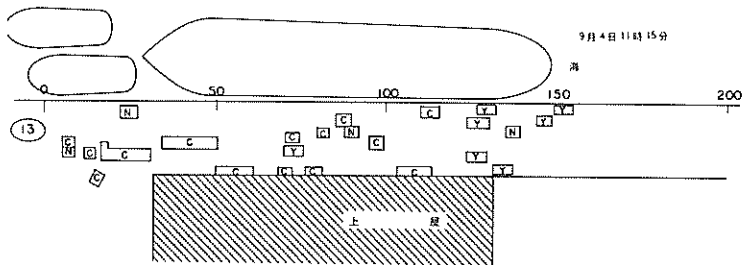
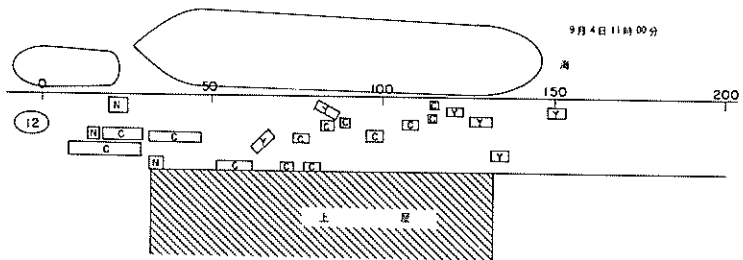
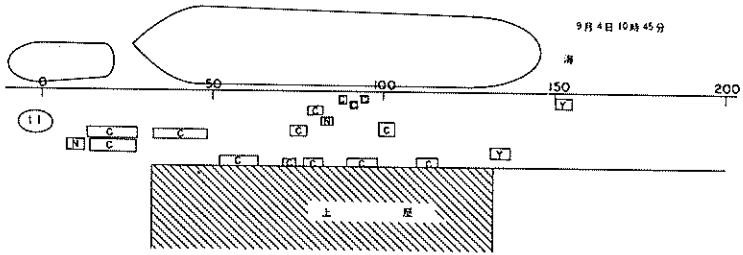
図-6.12 神戸港摩耶埠頭Eバース標準断面図

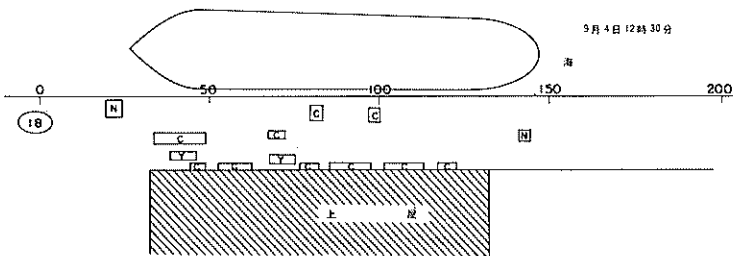
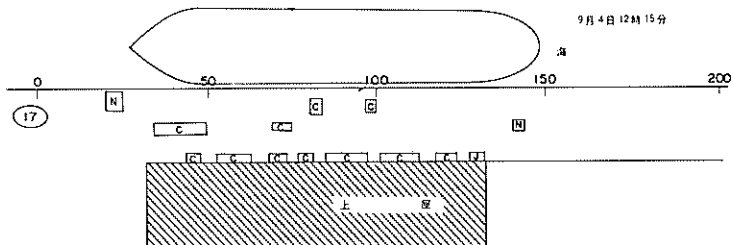
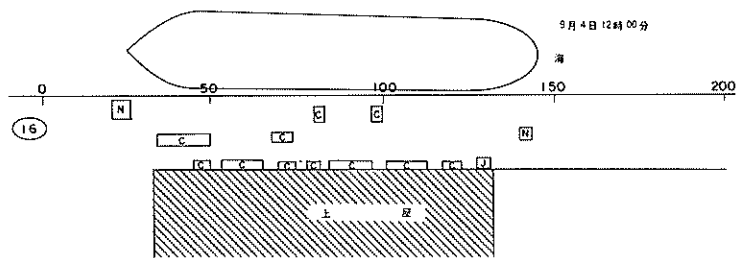
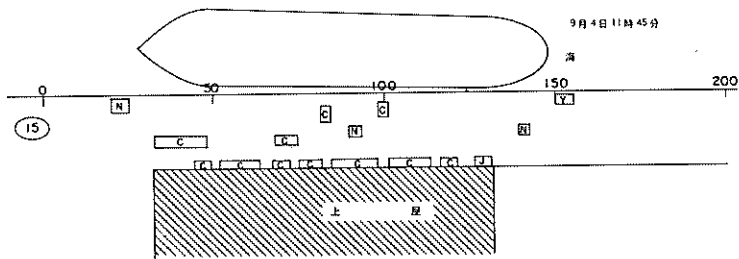
図-6.13 神戸港摩耶埠頭における載荷重の変化

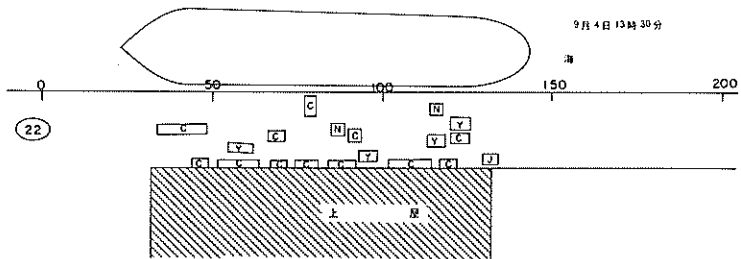
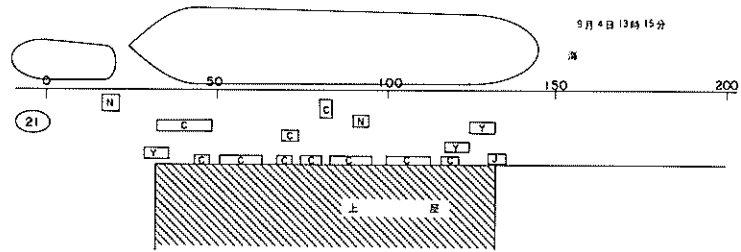
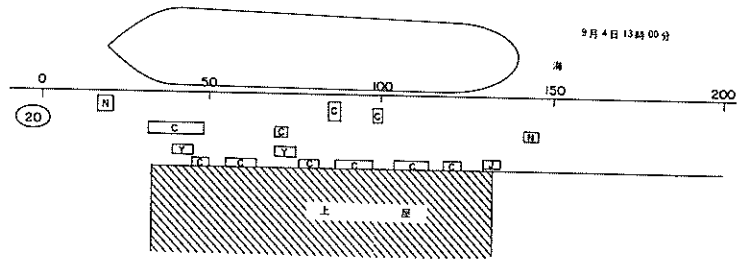
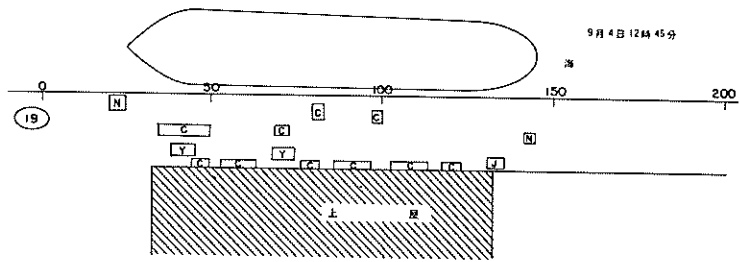




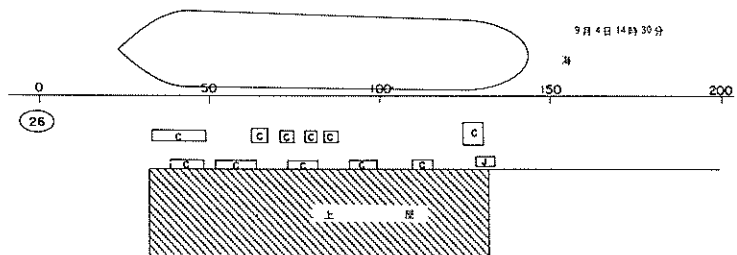
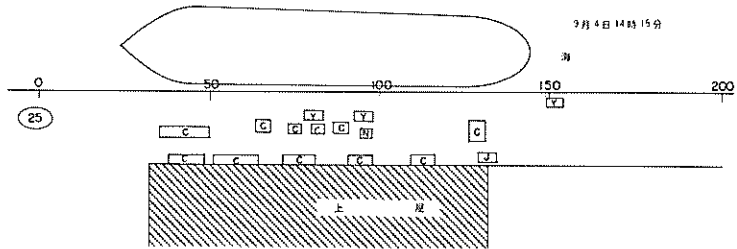
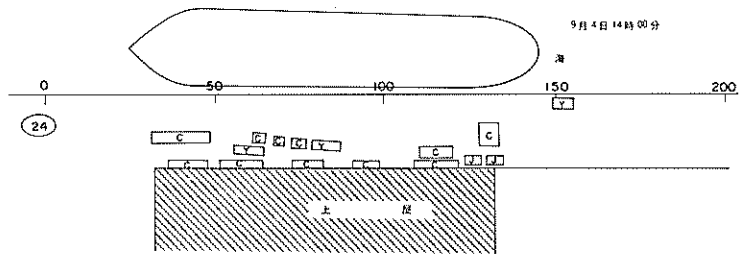
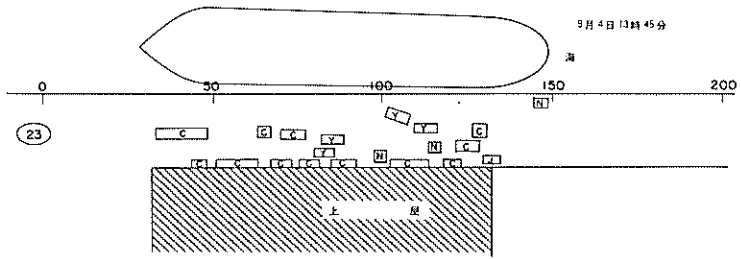


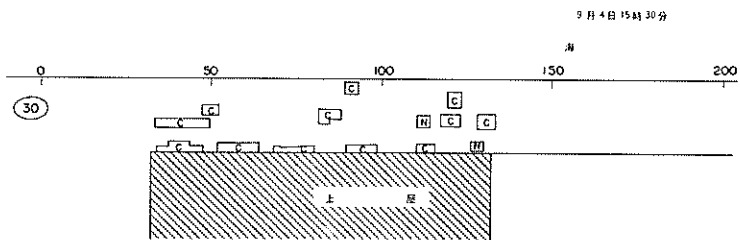
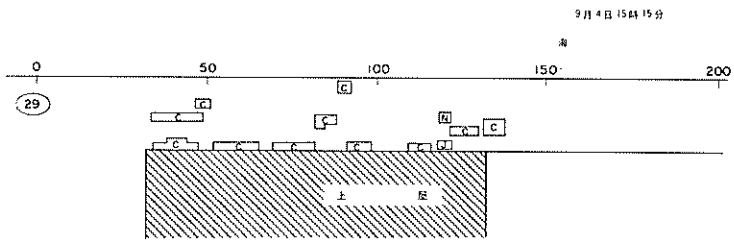
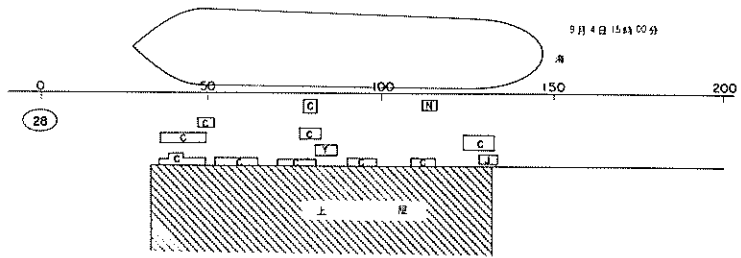
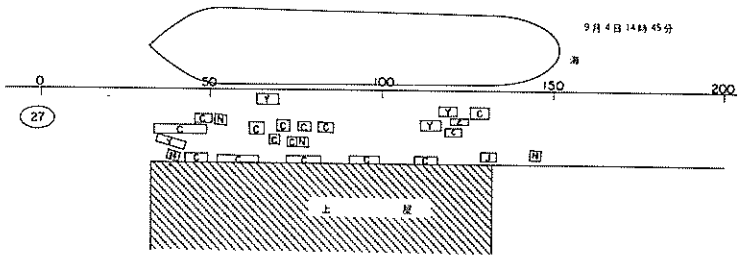


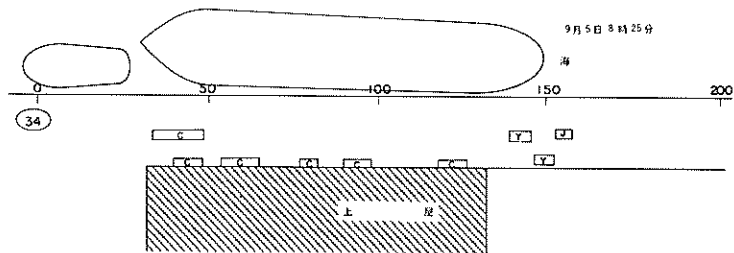
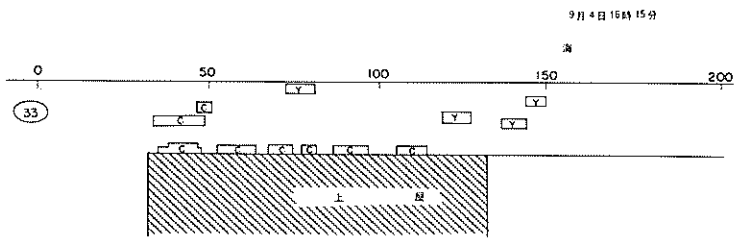
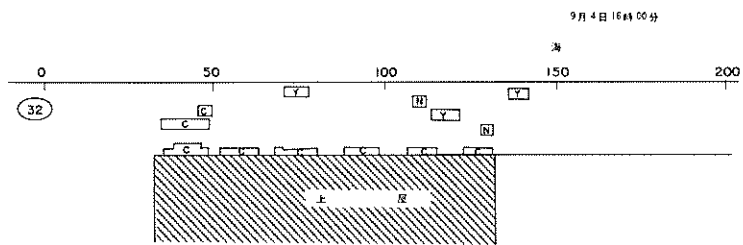
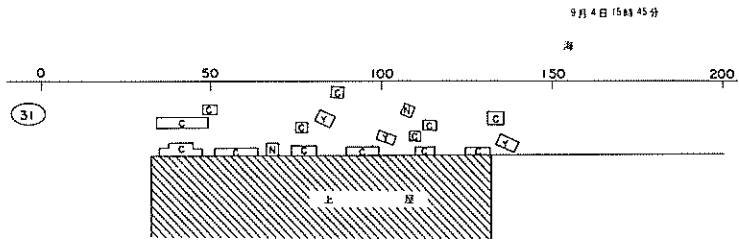


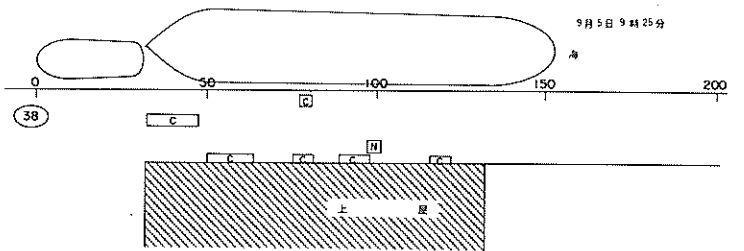
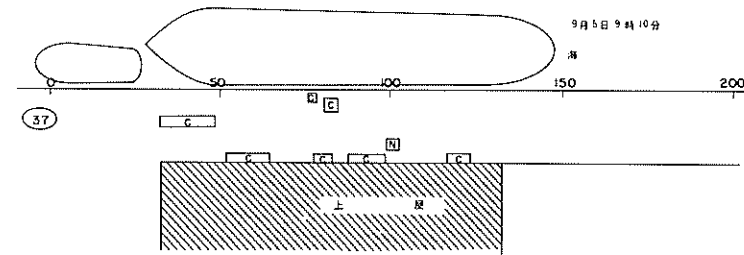
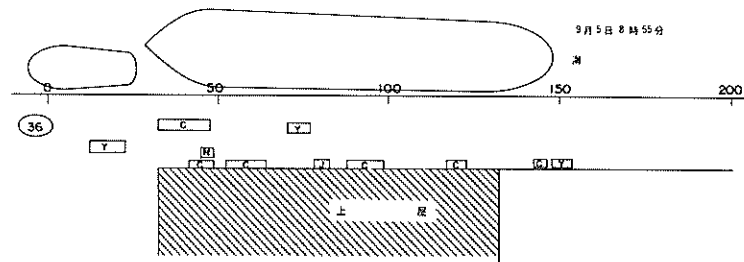
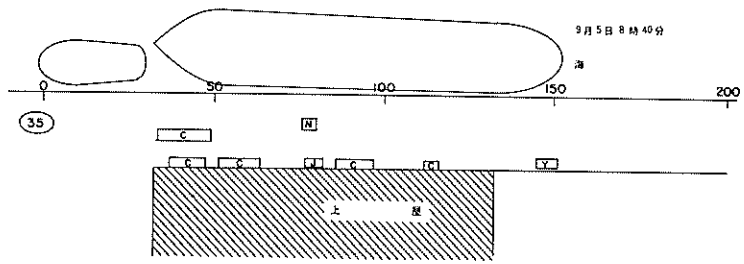


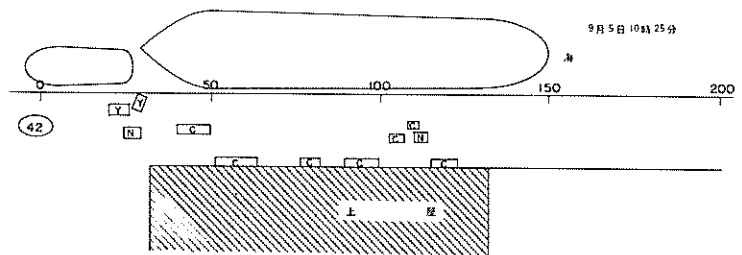
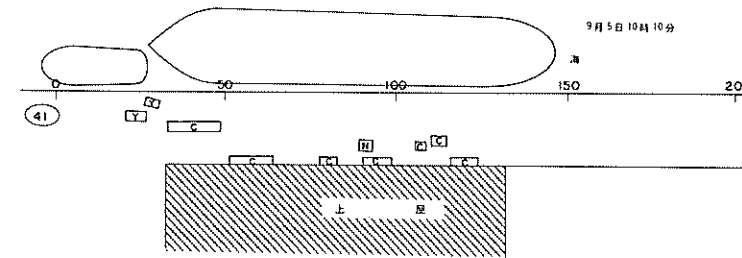
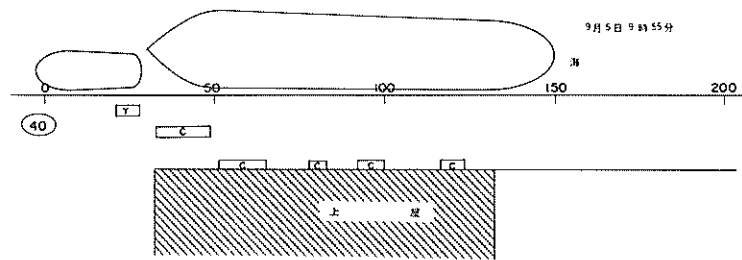
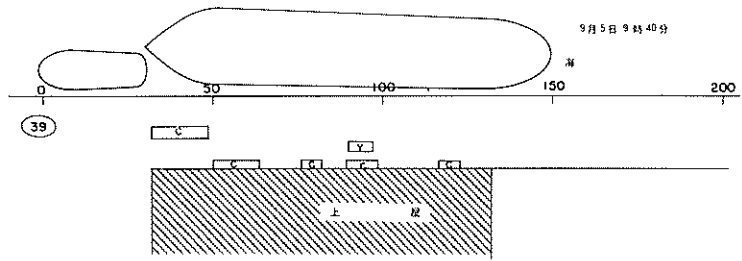


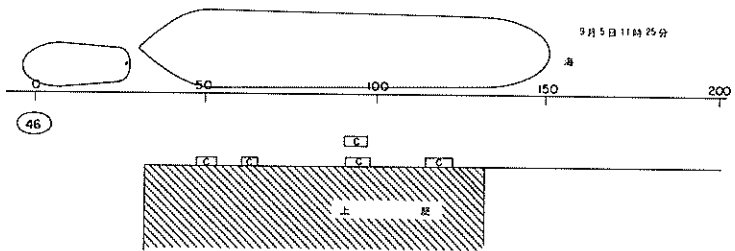
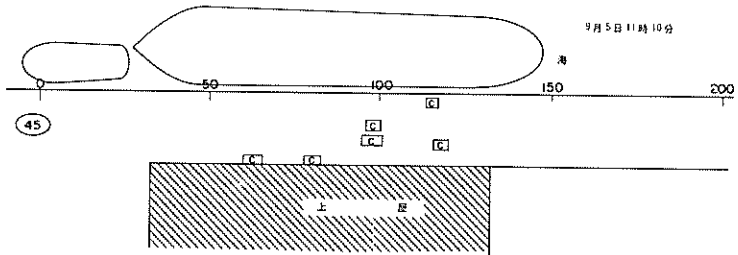
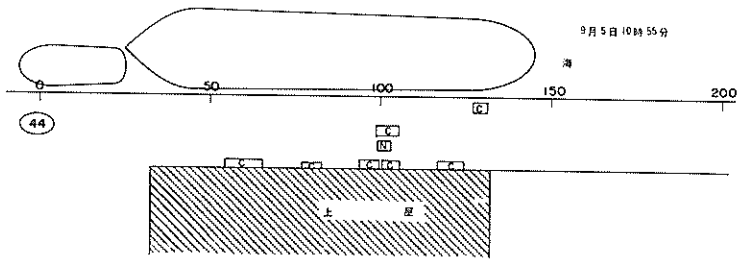
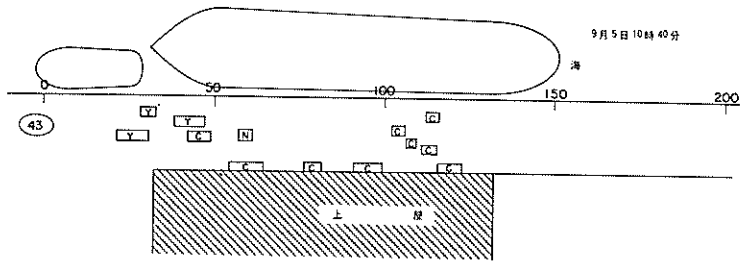


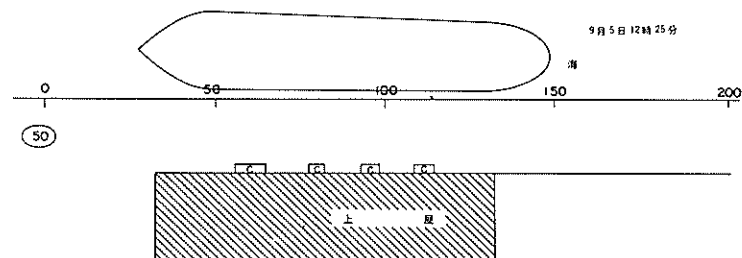
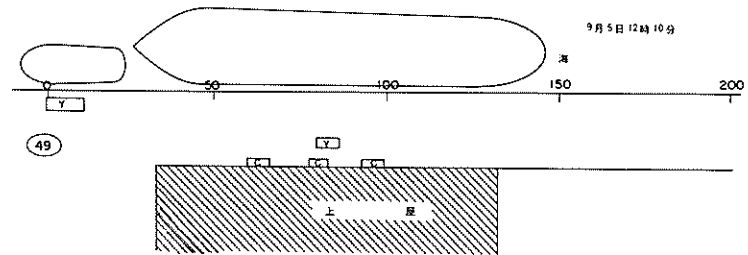
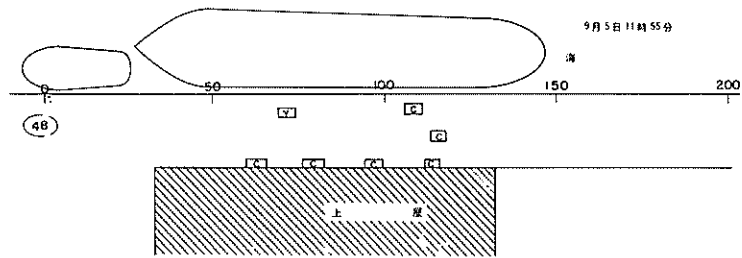
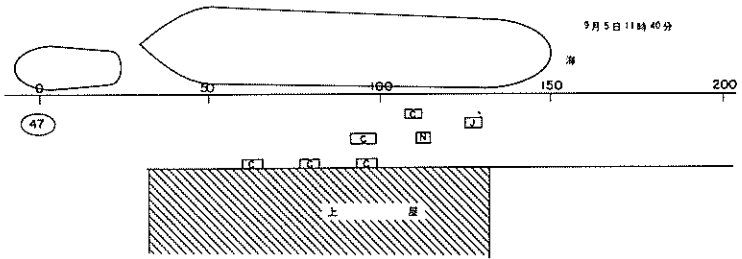


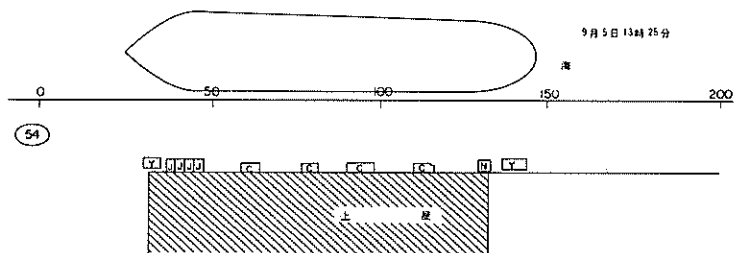
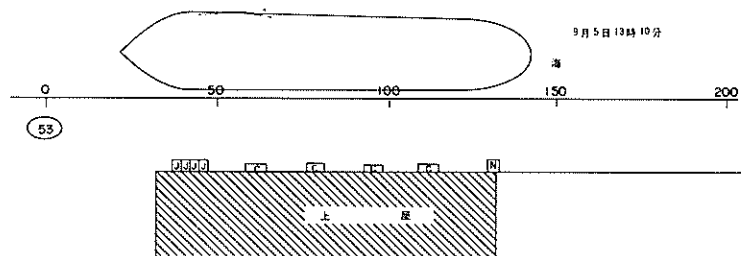
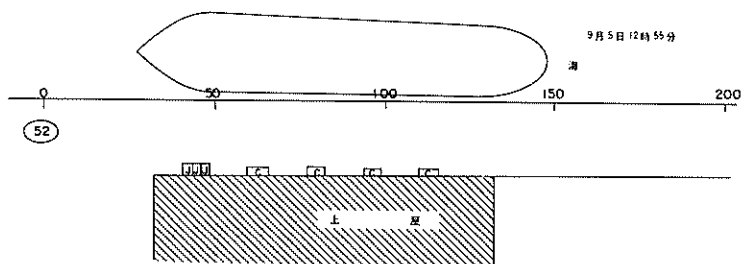
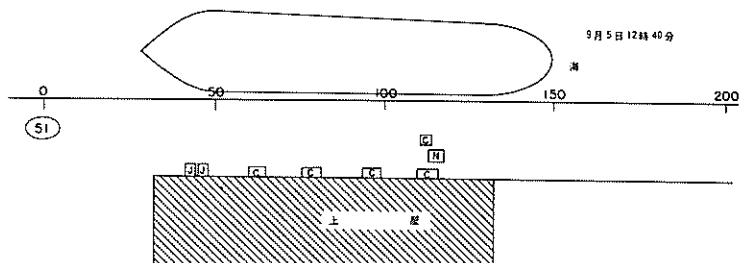














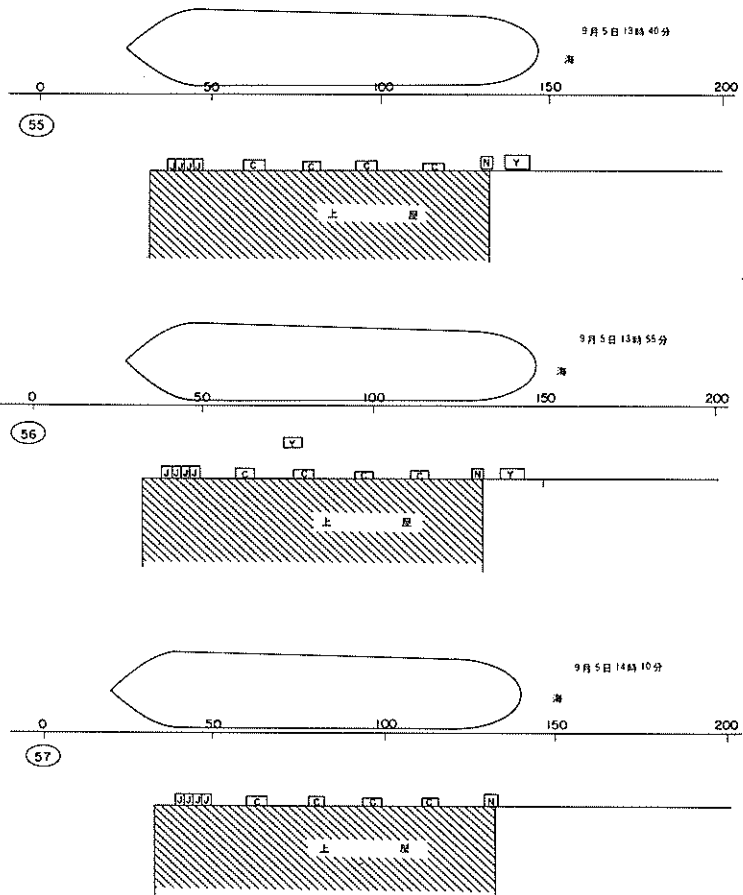
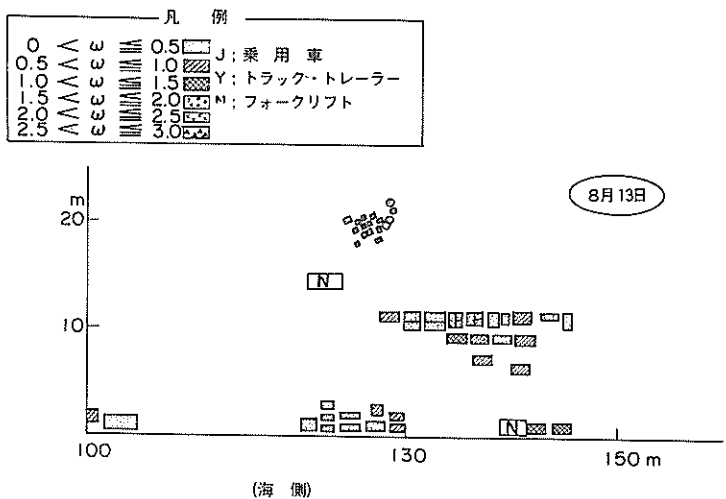
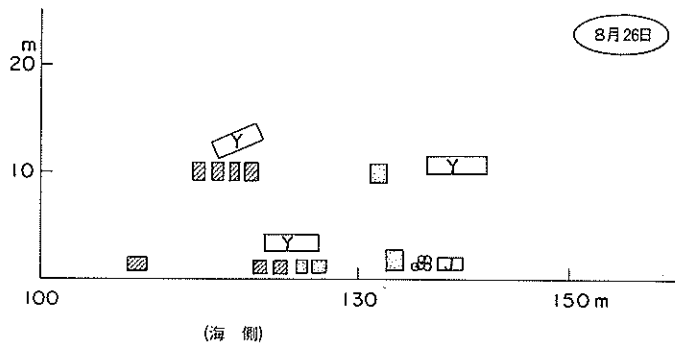
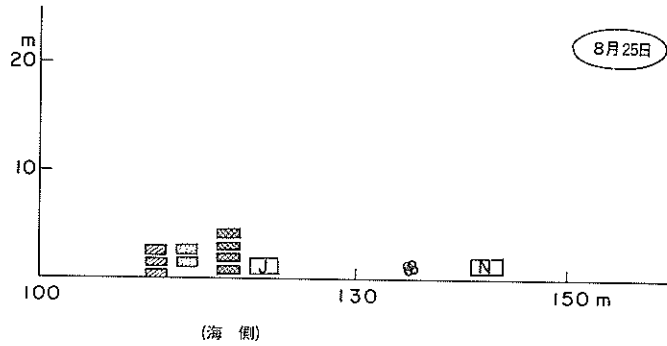
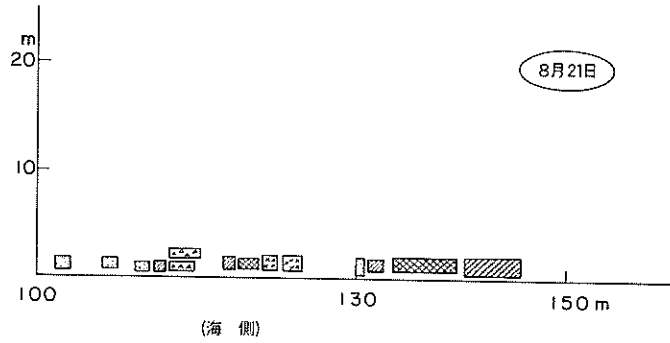
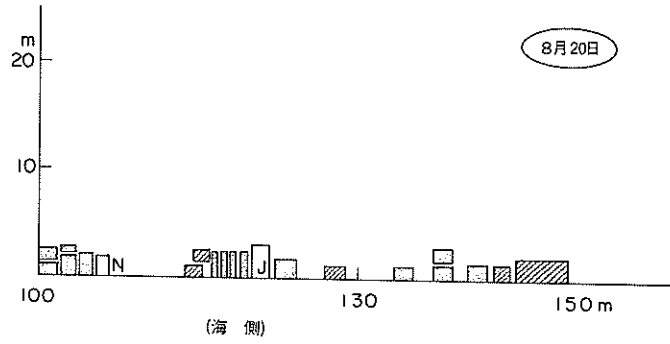


図-6.14 神戸港摩耶埠頭目視観測結果





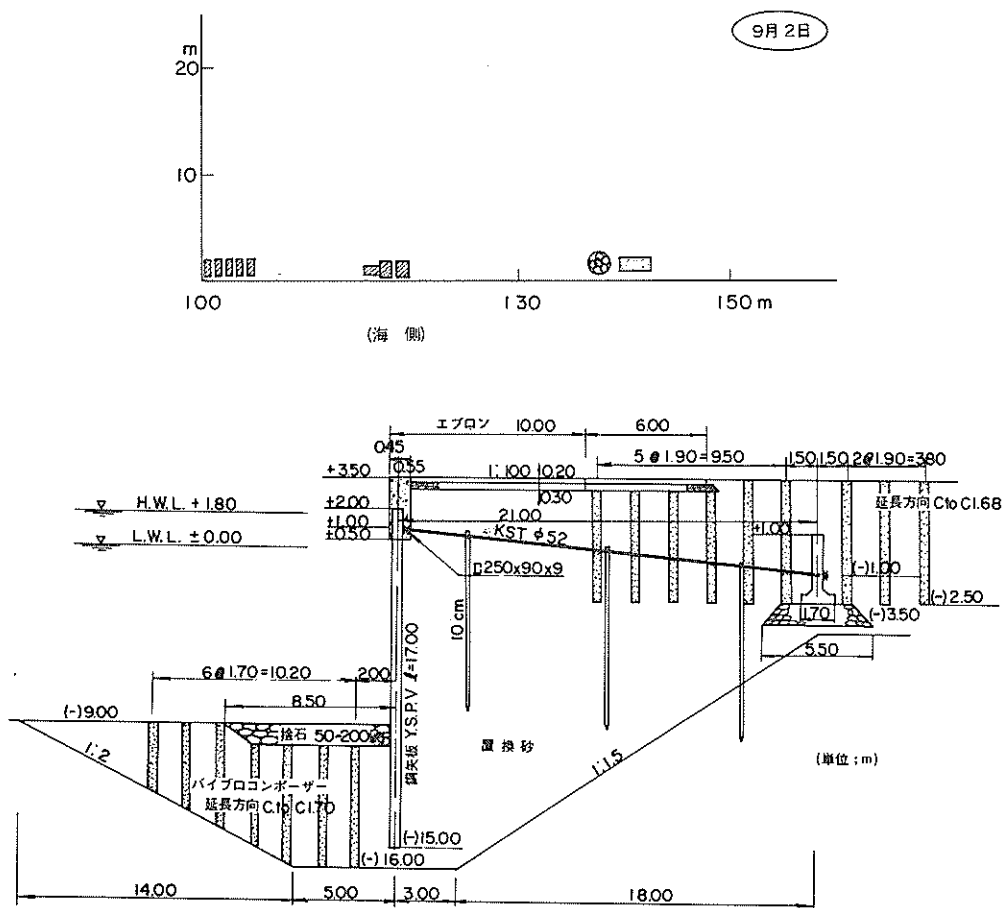


図-6.15 小松島港金磯地区 - 9.0 m岸壁断面図

写真-6.3は、木材の荷役作業の実態を撮影したものであり、上記の様子がよくわかる。

以上において、雑貨、重量物（コンテナ）、鋼材、石炭、木材の各貨物のエプロン上における荷動き、載荷状況について調べた。その結果、取り扱う貨物の種類によってエプロンの利用方法は非常に異なり、一概に一つのパターンにまとめて論ずることができない。設計条件の1つとしての載荷重は、それぞれの貨物の状況に応じて設定することが必要である。

写真 6.3 小島港金磯地区 - 9.0 cm岸壁



(a) 木材荷降し中



(b) ログローダによる運搬



(c) トラックへの積み込み

## 7. 上載荷重の設定に関する一考察

既存資料による調査、上載荷重影響度の検討、エプロン利用状況調査、エプロン現場観測など、上載荷重をいろいろな角度から調査し、検討を加えてきた。これらの調査結果をもとにして、現行の上載荷重のとり方を再検討し、設計条件の1つとしての上載荷重の問題点を把握し、今後改善すべき点を追求することで、これまでの調査のまとめをしたい。

### 7.1 積載荷重

積載荷重とは、貨物による荷重で、エプロン、上屋・倉庫など積載される場所によって、あるいは、常時及び地震時によって、又は、等分布あるいは不等分布によって同じ貨物でも、とるべき荷重の大きさが異なってくる。今回は、エプロンに積載される貨物に限定して考察を進めることにする。

係船岸の設計では、積載荷重を大型係船岸で常時2～3 t/m<sup>2</sup>の等分布荷重、小型係船岸で常時1～2 t/m<sup>2</sup>の等分布荷重を用い、地震時にはその半分にとる例が多い。

今回の調査によると、貨物の種類、荷役形態などによって、エプロン上における載荷の状況はかなり異なることがわかった。雑貨などの貨物を取り扱う係船岸の場合、2～3 t/m<sup>2</sup>の載荷がある場合は少なく、しかも、エプロン全体に貨物が積載されることはまず考えられない。したがって、不等分布を等分布と考えた場合、不等分布の場合の危険性を考慮にいれたとしても、上記の値より低くとれると考えられる。また、地震時の積載荷重であるが、雑貨埠頭などの場合、船舶係留中ですら、夜間のエプロンはほとんど空になり、さらに船舶が係留していない場合、エプロンは無載荷であると考えてもよい。このように考えると、地震発生時の積載荷重の有無の確率は無の方が大きく、地震時の積載荷重を半分にとることは安全側であろう。

また逆に、砂・砂利を取り扱う物揚場などでは、背後に野積場などがあっても、エプロンが野積み場化してしまい、しかも、4～5 t/m<sup>2</sup>というような、大きな積載荷重が載荷している場合がある。このような埠頭では、地震の発生があった場合、係船岸本体の破損につながるおそれがあると思われる。エプロンが野積み場化した埠頭では、地震時における積載荷重も、常時の場合と同じに考える必要があるが、常時と地震時の積載荷重の大きさを同じにとっている例は非常に少ない。

積載荷重について、両極端を述べたが、貨物の種類以外に、実際の積載荷重の設定には、大型係船岸、小型係船岸の区別、係船岸の構造形式、設計震度など、種々の

条件を考慮しなくてはならない。上載荷重影響度調査のところで述べたように、種々の条件によって積載荷重の影響度は大きく違うからである。一般に、大型係船岸より小型係船岸、重力式係船岸より、矢板式、横さん橋式係船岸、また設計震度が大きい設計震度小の方が、積載荷重の影響がより大きく、それだけ積載荷重の設定には注意しなければならないと考えられる。

係船岸の設計において、積載荷重を設定する際は、取り扱う貨物の種類、及びそれから類推される荷役形態、エプロンの載荷状況並びに、係船岸の構造形式、設計水深、設計震度などからも総合的に検討を加え、常時及び地震時の積載荷重の大きさを独自に決定することが必要である。

## 7.2 活荷重

活荷重には、自動車荷重、列車荷重、トラクター・トレーラー荷重、荷役機械荷重（移動式荷役機械荷重、軌道走行式荷役機械荷重、固定式荷役機械荷重）、群集荷重があるが、重力式、矢板式係船岸に活荷重を設計に用いることは少ない。横さん橋式係船岸の場合、はり及び床版の設計に自動車荷重、トラクター・トレーラー荷重を用いることが多い。一般に、フォークリフトやモビークレーンなどの移動式荷役機械荷重を活荷重として設計に用いることは少ない。

最近ではコンテナまで運搬する20～25 t型の大型フォークリフトや、70～90 tの能力のある大型モビークレーンが港湾においても使用され始めてきた。フォークリフトについては、前輪に大きな荷重が作用すること、また、大型モビークレーンではアウトリガー反力が非常に大きいことなどを考えると、これらの活荷重についても、設計条件の1つとして十分に検討することが必要であると思われる。モビークレーンの係船岸に及ぼす影響については、すでに検討資料（港湾資料No.29参照）があり、係船岸の構造形式によって、アウトリガーの載荷場所によって許容され得るモビークレーンの大きさが明らかにされている。

港湾管理者や港湾運送事業者へのアンケート調査によると、アウトリガー反力の $m^2$ 当りの大きさを、小さくおさえて、円滑な荷役が損われている場合が多いということであるが、上記のような検討資料をもとに、詳細に検討を行い、使用の許可・不許可を決定すべきであり、また設計時に考慮すべきであろう。

さらに活荷重については、エプロン舗装との関係についても検討を加えなくてはならない。係船岸本体や、はり・床版の設計に対し、十分耐え得るとなった場合でも

舗装の設計から考えて問題がある場合がある。例えば、アスファルト舗装の上に大きなアウトリガー反力が作用した場合などである。

以上のようなことから、活荷重について、エプロン上で使用される活荷重の種類を想定し、それが十分使用できるような活荷重の選定を行い、設計条件の1つとしてとり入れることが必要であろう。

## あとがき

上載荷重調査として、既存資料による調査（第3章）、上載荷重の係船岸断面に与える影響度の検討（第4章）、エプロンの利用状況のアンケート調査（第5章）、エプロン利用の現場観測による実態調査（第6章）を行い、また、全体のまとめとして考察（第7章）を行った。

以上の調査に当たって、御協力いただいた次の機関の方々に対し、心から感謝する。

### 第5章 エプロン利用状況調査

全国の港湾管理者及び港湾運送事業者

### 第6章 エプロン現場観測

第二港湾建設局横浜調査設計事務所

第三港湾建設局神戸調査設計事務所

神戸港工事事務所

小松島港工事事務所

### 第五港湾建設局設計室

関係の港湾管理者、埠頭事務所、埠頭会社、港湾運送事業者

## 参考文献

- 1) 運輸省港湾局編，“港湾構造物設計基準”，日本港湾協会，（1971）
- 2) “漁港構造物標準設計法”，全国漁港協会，（1976改訂版）
- 3) “道路橋設計示方書・同解説”，日本道路協会，
- 4) “港湾構造物集覧”，設計基準研究室，（1967～1973）
- 5) 片山猛雄・内田豊彦，“偏心傾斜荷重を受ける二層系地盤上の帯状基礎の支持力”，港研資料No.140（1972）
- 6) 北島昭一・堀井修身，“移動式荷役機械”（モビークレーン）のけい船におよぼす影響”，港研資料No.29，（1967）
- 7) 塩見雅樹，他，“L型ブロック式けい船岸の自動設計”，港研資料No.185，（1974）
- 8) “モビークレーンのけい船岸におよぼす影響” 港湾荷役，Vol.17 No.4，No.6，（1972）
- 9) 北村浩行，“繫船岸設計の要点と計算例”，鹿島出版会，（1970）

港灣技研資料 No.268

1977・9

編者兼 運輸省港灣技術研究所

発行所 運輸省港灣技術研究所  
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 株式会社美巧社

Published by the Port and Harbour Research Institute  
Nagase, Yokosuka, Japan.