

港 灣 技 研 資 料

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

No. 135 Mar. 1972

プレパックドコンクリートと岩盤との摩擦係数についての一考察

小 野 寺 幸 夫
青 木 義 典

運輸省港湾技術研究所



プレパックドコンクリートと岩盤との摩擦係数についての一考察

目 次

1. まえがき	3
2. 概設構造物に用いられているプレパックドコンクリートと岩盤との摩擦係数	3
3. プレパックドコンクリートと岩盤との付着抵抗	4
4. プレパックドコンクリートと岩盤との摩擦抵抗および剪断抵抗	4
5. むすび	5
参 考 文 献	5

プレバックドコンクリートと岩盤との摩擦係数についての一考察

小野 寺 幸 夫*

青 木 義 典**

要 旨

海底の岩盤に直接プレバックドコンクリートを打設して、防波堤や土留壁またはそれらの基礎とする工法は古くから良く用いられていた。このような構造物の設計に必要なプレバックドコンクリートと岩盤との間の摩擦係数については、重要な要因であるにもかかわらず、現在まで統一された考え方がなく、大きな巾のある値が用いられて来た。

今回、北海道開発局、運輸省第一および第二港湾建設局で収集された実例を検討し、考え方を整理して標準的な値を提案した。

この問題は、施工条件に大きく支配されるので、小規模の実験では成果が期待できないこともあって、今回は一切実験は行っていない。したがってここに提案している値は、暫定的なものとして取扱われる必要がある。

1. はじめに

在来から海底の岩盤に直接マッブなプレバックドコンクリートを打設し、防波堤や土留壁とする工法はよく用いられている。これは重機械その他の設備が不要であるため、特に小規模の工事では手軽であること、およびプレバックドコンクリートが水中施工に対して適用性が高いためである。

本文で考察しようとするプレバックドコンクリートと岩盤との摩擦係数とは、現行の設計方法^{1), 2)など}によって、このような構造物の滑動に対する抵抗力を求める場合に必要となる値である。

この滑動に対する抵抗力は、岩盤とプレバックドコンクリートの付着力、両者間の摩擦抵抗、岩盤の凹凸による岩盤およびプレバックドコンクリートの剪断など非常に複雑な機構となることが予想される。さらに海底岩盤上に直接プレバックドコンクリートを打設して堤体あるいは壁体とする構造物の滑動抵抗力は、施工地点の基岩の材質およびこれを覆っている底質、施工時の海象条件あるいは単なる施工の良否などの影響を大きく受けるものである。したがって、実験的な規模や条件での実験から実用的な結果を得ることは困難である。また、現時点では既設の構造物について、これ等諸要素の影響を調査検討したという報告はなされておらず、調査方法の提案³⁾がなされている程度の状況である。

本文では、既存施設の実績から、便宜的に堤体あるいは壁体の滑動抵抗力が岩盤とプレバックドコンクリートの摩擦抵抗のみによって与えられるものと見なすことを前提としてある程度の合理性を有し、かつ、経験的な意味での信

頼性のある値を得るという目的で、プレバックドコンクリートと岩盤との摩擦係数を検討した。

2. 既設構造物に用いられているプレバックドコンクリートと岩盤との摩擦係数

海底岩盤上に直接マッブなプレバックドコンクリートを打設して堤体あるいは壁体とした構造物について、既設の構造物の実績から先に述べたプレバックドコンクリートと岩盤との摩擦係数を検討する。

表-1には、北海道開発局、運輸省第一港湾建設局および同第二港湾建設局管内における既存施設について、各局管内で収集された資料にもとづいてプレバックドコンクリートと岩盤との摩擦係数を調査した結果である。

これによれば、北海道開発局管内において昭和34年度より昭和46年度前半期までに施工された構造物の摩擦係数では0.8を採用している場合が最も多く、全施工例の50%程度を占め、次に多いのが0.6、0.7の順となっている。全平均では0.72となっており、また、最大の1.0および最小で0.5を採用した例も見られる。

同局管内においては、昭和44年度以後、全国漁港協会による漁港構造物標準設計法⁴⁾にもとづいて摩擦係数を標準的な値として0.8を採用し、砂かぶりの厚い岩盤については除去に際し多少の残留分があるものとして0.7を採用している。

運輸省第一港湾建設局および第二港湾建設局管内の昭和35年度より昭和46年度前半期までの施工実績における摩擦係数は、0.6としたものが最も多く見られ、0.8としたものはわずかに一例しか見あたらない。また、この全平均は

* 梶造部 材料施工研究室

** 梶造部 材料施工研究室長

0.61となっており北海道開発局の場合よりも15%程度小さい値となっている。

昭和35年度当時より摩擦係数を0.8とした工事例がみられるが、現在までに、これ等の構造物が摩擦係数を0.8としたことによって滑動したという例は報告されていない。そしてこれらの工事例の中には、冬季風浪の影響を受ける港が含まれており、冬季風浪で設計条件がきまるような所では、設計波高に相当する波を当然受けていると考えることができるので、0.8と云う値は少なくとも危険なものではないと云う実証と見ることができる。

3. プレパックドコンクリートと岩盤との付着抵抗

海底岩盤に直接プレパックドコンクリートを打設した場合の付着力について、小規模ではあるが実際の現場条件を取り入れて行なった模型実験の結果が報告されている⁵⁾。これによれば、わずかではあるが付着性の得られるケースもあるという程度で、結果的には、実際に海底岩盤上に直接プレパックドコンクリートを打設して堤体あるいは壁体を施工した場合の付着抵抗を期待することは無理であろうと述べられている。

この理由としては、

- i) 現場で海底岩盤の表面処理を行なう場合には、実験を目的として処理する場合のような岩盤表面処理の完全性は得られない。
- ii) 実験に比較して、実際の構造物を施工する場合の1回の打設高さおよび打込み量が相当大きく、粗骨材の洗浄を確実にこなうことが困難となる。したがって、粗骨材表面に残された微小付着物が充填時に粗骨材から離脱して沈降し、打継面に注入モルタルの浸透できない薄い層状の堆積物を形成し、プレパックドコンクリートの岩盤に対する付着を妨げる恐れがある。
- iii) 海底の岩盤を覆っている底質が砂や泥質である場合、これを完全に除去することは非常に困難である。また海水中の浮遊物が表面処理後の岩盤表面に堆積することが予想され、ii)に述べた理由で付着を妨げる恐れがある。
- iv) プレパックドコンクリートを海底岩盤上に直接打設した場合、分離しない良好な注入モルタルが完全に岩盤表面とプレパックドコンクリートとの接触面を覆いつけているかどうかを確認することができない。

などの点が考えられる。

また、一方では、上述したような理由によって付着抵抗が得られないとしても、海底岩盤に打設したプレパックドコンクリートが岩盤に対して密着状態を呈すると想定して、これによって構造物に作用する浮力が無くなるということ

から、見掛上の比重増大が考えられ、より合理的な断面を求めることが可能となるとする設計方法も提案⁶⁾されている。しかしながら、このプレパックドコンクリートの岩盤に対する密着性は、上述のiv)に述べたように施工の確実性を確認できないこと、および、打設したプレパックドコンクリートが海底岩盤に対してわずかに付着していたと仮定できるとして、これによって密着性が得られるとしても、構造物が完成後に波浪などによって衝撃的な繰返し荷重を受けることが十分予想され、これによって岩盤から離脱する現象が生ずる恐れがあることから、実用上考慮することはできないものと判断される。

したがって、実際に現場で海底岩盤上にプレパックドコンクリートを打継いで、設計上の付着抵抗を考慮することは、プレパックドコンクリートの打設および岩盤上の表面処理の施工性に問題があり、かつ、既設のこのような構造の堤体あるいは壁体について付着抵抗を調査したデータが得られていない現状では、ほとんど不可能であると結論づけられる。

4. プレパックドコンクリートと岩盤との摩擦抵抗および剪断抵抗

前述のように、海底岩盤上に直接プレパックドコンクリートを打設して堤体あるいは壁体とした構造物の滑動に対する抵抗力は、プレパックドコンクリートの岩盤に対する付着抵抗を無視して検討しなければならない。

一般的に、プレパックドコンクリートを海底岩盤上に直接打設して堤体あるいは壁体とした構造物の滑動抵抗の機構は、この付着抵抗を除いた場合、主に両者間の摩擦抵抗および剪断抵抗の2種類が考えられる。

海底岩盤上に直接プレパックドコンクリートを打設して堤体あるいは壁体とする構造物について、そのプレパックドコンクリートと岩盤との接触面の状態を想定すると、およそ次のような3種類の状態が混在するものと思われる。すなわち、この接触面のある部分は表面処理後堆積した漂砂や海中浮遊物または粗骨材の充填時に海水中で粗骨材から離脱した砂や石粉、ごみなどが岩盤上に層状に堆積している状態を呈しており、また、他の部分は表面処理を行なった岩盤上に直接充填された粗骨材が位置しているような状態のところである。さらに、注入モルタルが直接岩盤と粗骨材間の空隙を満たしているような本来のプレパックドコンクリートの打継面を形成している部分もある。また、これ等が、接触面においてどのような割合で分布しているかは、先に述べたように本来のプレパックドコンクリートの打継面を形成している部分が著しく少なくなっている場合も、施工の条件によっては当然予想しなければならない。

したがって、ここでは、砂や石粉、ごみなどの層状堆積物が接触面に一様に分布している場合と、このような層状堆積物が存在しないで岩盤上に直接粗骨材が接触しているような場合のいずれかの接触面の状態について摩擦係数を検討して、安全側の値を求めれば良いことになる。

i) 接触面に層状堆積物が介在する場合

海底岩盤とプレバクドコンクリートの接触面に介在する層状堆積物は、海底に岩盤が露出しているような地点では、その大部分が漂砂によるところの比較的良好な砂、モルタルの分離による砂および粗骨材のくだけた石くずなどから形成されているものと考えられる。そして、この砂や石くずの堆積層における内部摩擦角から概略的な摩擦係数を推知することができる。すなわち、比較的良好な砂層の場合、この内部摩擦角がほぼ $35^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 程度と考えられること¹⁾から、摩擦係数として、0.70~0.84が得られる。

ii) 岩盤上に直接粗骨材が位置している場合

海底岩盤上に直接充填された粗骨材が位置している場合の接触面では、粗骨材である砂利あるいは碎石と岩盤との摩擦抵抗となる。そして、この場合の摩擦係数は実験値として直接求められていないので、間接的ではあるが実験値として得られている碎石とコンクリートとの摩擦係数を参考にすることができる。なぜならば、この場合の摩擦抵抗は、岩盤表面の処理時に生じた凹凸に粗骨材が接触していることになるので、むしろ剪断抵抗に近いものとなるから、平滑な接触面における碎石とコンクリートとの摩擦係数をとれば、この値は、安全側にあるものと考えられるからである。

実験的にコンクリートと碎石の摩擦係数を求めたもの⁷⁾として、永井の実験によれば0.77~0.89となることが報告されている。

一方、先に述べたように、海底岩盤上に直接プレバクドコンクリートを打設した場合には、プレバクドコンクリートとして拘束された粗骨材が岩盤表面の処理時に生じた凹凸にかみあうことからプレバクドコンクリートと岩盤の接触面では、脆弱な材質の岩盤が剪断作用およびそれに伴う圧縮によって破砕を生ずることも考えられる。しかし、この破砕された岩盤表面の状態が砂状を呈するほど細かくなっている極端な場合であっても、これを層状堆積物と見なして、摩擦係数として0.7程度までをとることができよう。

さらに、海底岩盤上に直接プレバクドコンクリートを打設して堤体や壁体とする場合のプレバクドコンクリートと岩盤の接触面の状態は、上述したような接触面の状態が一方向的に形成されるのではなく、必ず両者が混在して

いるものであることを考え併せれば、表-2のように岩盤とプレバクドコンクリートの摩擦係数を想定することができる。

5. む す び

本文では、海底岩盤上に直接打設されるプレバクドコンクリートの岩盤との接触面における滑動抵抗について、便宜上これを摩擦抵抗によってとらえることができることを結論づけ、この場合の摩擦係数を検討し、既存施設の実績と対応させることによって、設計上の極端な不合理性を避けるとともに経験的な意味での信頼性を有する値について考察した。

プレバクドコンクリートと海底岩盤との摩擦係数については、基岩の性質、節理および風化の程度、基岩を覆っている底質、基岩の表面処理後の状態、砂の堆積現象の有無、海象条件およびそれに伴う施工条件、施工管理の程度などが非常に複雑に影響をおよぼすものであり、一律には定め難いものであるためこれ等の条件をある程度考慮したものと表-2の値を提案した。

すなわち、摩擦係数について標準的な条件のもとでは、0.8を採用し、明らかに標準的な条件以上の施工条件あるいはそれ以下の施工条件と考えられる場合については、各々の条件に応じて前者の場合0.80~0.85、後者の場合0.70~0.80の範囲で変化させ得るものとした。

尚、本文で考察した値は修正されるべき性格の暫定的なものであり、今後においても既存施設に対する調査検討、およびこれによって得られた問題点の解明が必要である。

最後に、本考察の主体となった事例についての資料収集については、全面的に北海道開発局および第一、第二港湾建設局の協力を受けたが、それぞれの担当者には、深謝の意を表する。

(1971年12月28日 受付)

参 考 文 献

- 1) 日本港湾協会、"港湾構造物設計基準" 昭和42年4月
- 2) 全国漁港協会、"漁港構造物標準設計方法" 昭和45年
- 3) 北海道開発局港湾部、"プレバクドコンクリートの付着性" 第17回直技研討資、№5、港湾に関する技術的長期調査の項目と方法、一船舶、材料(その2)一 昭和41年10月、P.P.3~13
- 4) 水産庁漁港部、"漁港建設技術資料" №8、№9 昭和41年12月
- 5) 林 正道、南 英二、他、"防波堤基礎および根固め工、築岸などに用いる注入コンクリートについて" 昭和37年度北海道開発局技術研究発表会論文集、北海道

表-1 岩盤上のプレバクトコンクリート構造物の摩擦係数

建設局	港名 *…漁港	施設名	構造型式	施工 年度	f	F _o		F _o		巾員 (m)	被災の有無
						常時	地震時	常時	地震時		
北海道 開発局	技幸港	東防波堤	セルラーブロック中詰	34	0.9	1.3	—	1.5	—	5.0	無
	〃	東波除堤	単塊	34	0.9	1.3	—	1.2	—	6.0~7.0	〃
	熊石港*	南防波堤	〃	34	1.0	1.2	—	1.3	—	4.5~5.5	〃
	幌泉港	北防波堤	ブロック積基礎	34	0.7	1.24	—	2.03	—	6.5	〃
	歯舞港*	— 4.0 M 物揚場	単塊	34	0.7	1.7	1.23	2.30	—	—	〃
	稚内港	— 3.0 M 物揚場	〃	35	0.8	1.50	—	—	—	—	〃
	〃	〃	セルラーブロック中詰	35	0.8	1.53	—	—	—	—	〃
	山背泊港*	— 3.5 M 物揚場	単塊	35	0.8	—	—	—	—	—	〃
	福島港*	— 3.5 M 物揚場	〃	36	0.6	1.5	1.4	—	—	—	〃
	江差港	— 5.5 M 物揚場	セルラーブロック中詰	37	0.6	1.2	—	—	—	—	〃
	船泊港	— 4.0 M 物揚場	単塊	37	0.9	—	—	—	—	—	〃
	宗谷港	〃	〃	37	0.6	1.57	—	—	—	—	〃
	稚内港	防波堤 (甲)	ケーソン基礎	37	0.6	1.2	—	—	—	7.5	〃
	〃	〃	(乙) 単塊	37	0.6	1.3	—	—	—	3.5	〃
	羽幌港	防砂堤	〃	37	0.8	1.51	—	1.52	—	4.0~4.5	〃
	宗谷港	北防波堤 (甲)	〃	37	0.6	1.4	—	—	—	5.0	〃
	沓形港	— 4.5 M 岸壁	〃	38	0.9	2.2	—	—	—	—	〃
	椋似港*	— 3.5 M 物揚場	〃	38	0.7	2.0	1.0	—	—	—	〃
	三石港*	〃	〃	38	0.7	2.4	—	2.1	—	—	〃
	苫前港*	— 3.0 M 物揚場	〃	38	0.6	—	—	1.3	—	—	〃
	稚内港	護岸	〃	38	0.8	1.35	—	—	—	—	〃
	〃	— 3.0 M 物揚場	セルラーブロック中詰	38	0.6	1.25	—	—	—	—	〃
	羽幌港	西防波堤	単塊	38	0.8	1.39	—	1.55	—	6.0~6.5	〃
	須築港*	防波堤	〃	39	0.8	1.03	—	1.25	—	11.0	〃
	熊石港*	〃	〃	39	0.8	—	—	—	—	6.0	〃
	稚内港	北防波堤	ケーソン基礎	39	0.5	1.3	—	—	—	12.0	〃
	〃	防波堤 (甲)	セルラーブロック中詰	39	0.5	1.4	—	—	—	4.0	〃
	〃	〃	(乙) 〃	39	0.5	1.44	—	—	—	4.0	〃
	焼尻港	南防波堤	単塊	39	0.7	1.4	—	—	—	6.0	〃
	寿都港*	北防波堤	ケーソン基礎	39	0.5	1.0	—	—	—	12.0	〃
古平港*	西防波堤	単塊	39	0.5	1.2	—	—	—	5.0	〃	
〃	西防波堤取付	〃	39	0.5	1.18	—	—	—	2.5	〃	
宗谷港	北防波堤 (乙)	ケーソン基礎	39	0.5	—	—	—	—	7.5	〃	
東浦港*	北防波堤	単塊	39	0.8	1.3	—	—	—	5.0	〃	
元地港*	— 3.0 M 物揚場	〃	39	0.8	1.75	—	1.30	—	—	〃	
宗谷港	北防波堤	ケーソン基礎	40	0.5	—	—	—	—	8.5	〃	

建設局	港名 *…漁港	施設名	構造型式	施工 年度	f	F _o		F _o		巾員 (m)	被災 の有無
						常時	地震時	常時	地震時		
北海道 開発局	宇登呂港*	東防波堤 (B)	単塊	40	0.8	1.2	-	-	-	7.0	無
	雄冬港*	防波堤	"	40	0.7	-	-	-	-	3.0~6.5	"
	須築港*	西防波堤	ケーソン基礎	40	0.8	1.24	-	-	-	14.5	"
	古平港*	西防波堤	単塊	40	-	-	-	-	-	5.0	"
	鉄府港*	西防波堤	"	40	0.8	1.22	-	1.53	-	5.0	"
	仙法志港	- 3.0 M 岸壁	壁体	43	0.8	-	-	-	-	-	"
	宇登呂港	- 3.0 M 岸壁	"	43	0.8	-	-	-	-	-	"
	寿都港	- 3.5 M 岸壁	"	43	0.8	-	-	-	-	-	"
	古平港	- 4.0 M 岸壁	"	43	0.6	-	-	-	-	-	"
	山背泊港	西防波堤	"	43	0.6	-	-	-	-	-	"
	温根元港	東防波堤	"	43	0.8	-	-	-	-	-	"
	麻野港	東防波堤	"	43	0.6	-	-	-	-	-	"
	苦前港	北防波堤	"	43	0.8	-	-	-	-	-	"
	追直港	東防波堤	"	44	0.8	-	-	-	-	-	"
	稚内港	北防波堤, 堤頭部	基礎	44	0.8	-	-	-	-	-	"
	"	北洋埠頭, 防波護岸	"	44	0.8	-	-	-	-	-	"
	"	北洋埠頭, - 6.0 m 岸壁	"	44	0.8	-	-	-	-	-	"
	"	北洋埠頭, - 6.0 m 岸壁取付	壁体	44	0.8	-	-	-	-	-	"
	羽幌港	港町地区, - 4.0 m 物揚場	"	44	0.8	-	-	-	-	-	"
	香深港	- 5.0 m 岸壁	"	44	0.8	-	-	-	-	-	"
	概法革港	- 4.0 m 物揚場	"	44	0.8	-	-	-	-	-	"
	幌泉港	北防波堤	"	44	0.8	-	-	-	-	-	"
	"	"	"	44	0.7	-	-	-	-	-	"
	奥尻港	- 4.0 m 物揚場	"	44	0.8	-	-	-	-	-	"
	天売港	南防波堤	"	44	0.6	-	-	-	-	-	"
	幌尻港	西防波堤	"	44	0.6	-	-	-	-	-	"
	山背泊港	西防波堤	"	44	0.6	-	-	-	-	-	"
	元地港	北防波堤	"	44	0.8	-	-	-	-	-	"
	"	- 3.0 m 岸壁	"	44	0.8	-	-	-	-	-	"
	齒舞港	- 3.0 m 岸壁	"	44	0.7	-	-	-	-	-	"
	麻野港	東防波堤	基礎	44	0.6	-	-	-	-	-	"
	寿都港	北防波堤	"	44	0.5	-	-	-	-	-	"
追直港	東防波堤	壁体	44	0.8	-	-	-	-	-	"	
育苗港	- 4.0 m 岸壁	"	44	0.8	-	-	-	-	-	"	
稚内港	北洋埠頭北側, - 4.0 m 物揚場	"	45	0.8	-	-	-	-	-	"	
"	北洋埠頭南側, - 4.0 m 物揚場	"	45	0.8	-	-	-	-	-	"	
"	北洋埠頭, - 6.0 m 岸壁	基礎	45	0.8	-	-	-	-	-	"	
香深港	本町地区岸壁取付	壁体	45	0.8	-	-	-	-	-	"	
技幸港	幸町地区, - 5.0 m 岸壁	"	45	0.8	-	-	-	-	-	"	
幌尻港	濶内地区, - 2.5 m 物揚場	"	45	0.8	-	-	-	-	-	"	
幌泉港	防波堤 (C)	堤体	45	0.7	-	-	-	-	-	"	
天売港	南防波堤	"	45	0.7	-	-	-	-	-	"	

建設局	港名 *…漁港	施設名	構造型式	施工 年度	f	F _o		F _o		巾員	被災の有無
						常時	地震時	常時	地震時		
第一 港 湾 建 設 局	三 国 港	- 4.0 m 物揚場 (本港)	-	46	0.6	-	-	-	-	-	無
	"	防波堤 (局改、米ヶ脇)	-	46	0.8	-	-	-	-	-	"
	鷹 巢 港	防 波 堤	-	45	0.6	-	-	-	-	-	"
	小 木 港	- 3.5 m 物 揚 場	-	45	0.5	-	-	-	-	-	"
	鼠ヶ関港	護 岸 (防 波)	-	42 ~43	0.6	-	-	-	-	-	"
	赤 泊 港	護 岸	-	37	0.6	-	-	-	-	-	"
	羽 茂 港	防 波 堤	-	44 ~45	0.7	-	-	-	-	-	"
	"	護 岸	-	"	0.6	-	-	-	-	-	"
	兩 津 港	護 岸	-	44	0.6	-	-	-	-	-	"
	小 木 港	護 岸	-	42 ~45	0.5	-	-	-	-	-	"
	"	岩 壁 (- 3.5 m)	-	40	0.5	-	-	-	-	-	"
"	" (- 5.0 m)	-	45	0.5	-	-	-	-	-	"	
第二 港 湾 建 設 局	大 礎 港	A 号 岸 壁	単塊・基礎	45	0.7	-	-	-	-	-	"
	"	D 防 波 堤	" "	46	0.7	-	-	-	-	-	"
	大 間 港	北 防 波 堤	堤 体	39	-	-	-	-	-	4.1~8.5	"
	"	西 防 波 堤	"	-	-	-	-	-	-	10.0~11.0	"
	"	細 間 地 区 防 波 堤	"	-	-	-	-	-	-	-	"
	- 4.0 m 物 揚 場	"	-	-	-	-	-	-	-	"	

表-2 プレバックドコンクリートの摩擦係数*

摩 擦 係 数	施 工 条 件
最適の施工条件を得られる場合 0.80 ~ 0.85	施工地点において良好な基岩が露出しており、砂などの堆積が生じない場合で海象条件が安定しており、施工管理を確実にこなすことのできるような条件が満たされる場合
標準的の施工条件の場合 0.80	施工地点における基岩および底質が良好と判断され、堆積層は形成されるが比較的少なく、海象条件も十分な施工条件が得られるような場合で、施工管理も普通程度に行ないうる場合
明らかに標準的といえない施工条件の場合 0.70 ~ 0.80	基岩の砂かぶりの厚い場合、あるいは、材質が不良で海象条件も厳しく、施工管理が明らかに不十分となることが予想される場合

*) 海底岩盤上に直接プレバックドコンクリートを打設して、堤体あるいは壁体とする構造物の接触面における摩擦係数である。

港湾技研資料 No. 135

1972・3

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 株式会社 東京プリント

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