

港口工程施工方法

上册

〔日〕原口好郎 编

蒲廷芬 译

人民交通出版社

港口工程施工方法

上册

〔日〕原口好郎 编
蒲廷芬 译

人民交通出版社

内 容 提 要

本书对七十年代日本筑港技术所取得的巨大成就进行了较系统和全面的叙述。全书共分上、下两册，上册内容主要是港口工程的勘察、施工所用的船舶机械、外堤、码头和其它共同性工程（如水下基础、混凝土浇筑、软基加固等）的施工方法等；下册内容主要是疏浚及填筑、外海码头、船闸及沉埋式隧道、海底管线敷设等工程的施工方法。

本书可供从事港口与航道工程和海洋工程的设计、施工、科研人员参考，也可作为大专院校有关专业的教学参考书。

港口工程施工方法

上 册

〔日〕原口好郎 编

蒲廷芬 译

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本：787×1092_{1/16} 印张：18.5 字数：424千

1988年8月 第1版

1983年3月 第1版 第1次印刷

印数：0001—4,200册 定价：3.45元

译者的话

本书译自日本1978年版《港湾·空港施工法》一书中的港湾部分。原书系由日本运输省第三港湾建设局和港湾技术研究所的专家共31人分头执笔、由运输省第三港湾建设局局长原口好郎总其大成。由于编写者是在各有关方面具有丰富经验的专业技术人员，因此书中所编写的内容较深入，插图的描述也极细致，基本上可反映目前日本筑港技术所达到的先进水平。

原书内容较全面，第一章说明港口工程的特点及如何编制施工计划和进行施工管理，第二章工程船舶及施工机械，第三章勘查及共同性工程，第四章外堤工程，第五章码头工程，第六章疏浚及填筑工程，第七章其他工程（船闸、海底隧道、外海码头、海底管线等）。其中有些内容不仅在日本国内是先进的，在世界上也属独创。例如，自六十年代末至七十年代中，由于疏浚和填筑机械的迅速发展，利用大规模疏浚和填筑的方法快速建设新港区的经验即其一例。

为了促进我国筑港技术的发展，早日实现水运交通事业的现代化，特将本书译出，供国内有关方面参考。但由于原书所涉及的专业内容较广泛，许多术语目前国内尚无标准译名，又加上原著中施工用语有的采用土俗语，个别章节段落的编排书写尚有错误，又受到译者水平的限制，因此译名不当之处在所难免，欢迎读者对本书提出宝贵意见。

此外，本书译文脱稿后，承蒙王运实同志对全部译文进行了审阅，并部分加以修正，特表感谢。

译者

目 录

第一章 港口工程	1
第一节 港口工程的定义	1
一、港口设施和港口工程的种类	1
二、港口工程的特点	2
第二节 港口工程和自然条件	2
一、概要说明	2
二、气象	3
三、海洋水文情况	4
四、地质地貌	7
第三节 港口工程的施工计划和施工管理	11
一、概要说明	11
二、施工计划	12
三、施工管理	20
第二章 工程船舶和施工机械	26
第一节 工程船舶的种类	26
一、概要说明	26
二、挖泥船	26
三、碎石船	31
四、起重船和打桩船	36
五、砂井打设船	36
六、改善海洋环境用船	38
七、海上施工平台	42
八、其他工程船舶	44
第二节 各种工程的船队组织	53
一、概要说明	53
二、疏浚、填筑和岩石破碎工程	53
三、基床开挖、换土、抛石工程	70
四、沉箱、方块安放工程	72
五、其他	77
第三节 沉箱和混凝土方块的预制工程	79
一、概要说明	79
二、沉箱制作设施	80
三、方块制作设施	96
四、混凝土工厂和混凝土泵	98

第四节 其他机械设备	110
一、概要说明	110
二、取土机械	111
三、运输设备	112
四、卸土和填筑用的设备	117
第三章 勘察和共同性工程	119
第一节 勘测和磁性探测	119
一、概要说明	119
二、海洋水文观测	120
三、土质调查	125
四、水深测量	129
五、磁性探测和潜水探测	129
第二节 海中基础工程	131
一、概要说明	131
二、抛石基础	131
三、桩基础	136
第三节 混凝土工程	141
一、概要说明	141
二、海工混凝土	142
三、水下混凝土	146
第四节 预制混凝土	150
一、概要说明	150
二、沉箱的制作	150
三、混凝土方块之类块体的制作	158
第五节 软基加固法	158
一、概要说明	158
二、换土法	159
三、砂井排水法、纸板排水法	162
四、挤实砂桩法	167
五、振冲法	170
六、其他方法	173
第六节 其他的共同性工程	174
一、水下切割	174
二、水下焊接	176
三、电气防蚀	176
第四章 外堤工程	181
第一节 防波堤工程的施工计划和施工管理	181
一、概要说明	181
二、防波堤工程的施工计划	182
三、防波堤工程的施工管理	186

第二节 沉箱和空心方块式防波堤	187
一、概要说明	187
二、基础工程	190
三、堤身工程	193
四、上部结构混凝土工程	198
五、堤头部分	199
第三节 抛石和异形块体斜坡堤	200
一、概要说明	200
二、抛石斜坡堤	201
三、异形块体斜坡堤	203
第四节 钢桩式防波堤	205
一、概要说明	205
二、钢桩的打桩工程	207
三、上部结构混凝土工程	211
四、基础和护脚	212
第五节 其他型式的防波堤	212
一、概要说明	212
二、方块式防波堤	213
三、现浇混凝土式防波堤	215
四、钢板桩式防波堤	216
五、格形防波堤	217
第六节 护岸工程	220
一、概要说明	220
二、风暴潮波浪防护设施	221
三、海啸波浪防护设施	222
四、防淤、防冲刷设施	224
五、保滩工程	227
第七节 外堤的灾害与修复工程	232
一、概要说明	232
二、灾害的实例和修复工程	236
第五章 码头工程	240
第一节 码头工程的计划和管理	240
一、概要说明	240
二、码头工程的施工计划和施工管理	241
三、码头工程的施工计划	241
四、码头工程的施工管理	242
第二节 重力式码头	245
一、概要说明	245
二、基槽开挖和抛石	246
三、沉箱	247

四、块体·····	248
五、防止接缝处漏砂的措施·····	249
六、内部填充和回填·····	249
七、上部结构混凝土·····	250
八、现浇混凝土岸壁·····	251
九、码头连接段和隅角部·····	251
第三节 板桩式码头·····	252
一、概要说明·····	252
二、板桩的施打·····	255
三、锚碇结构·····	257
四、导梁·····	257
五、锚杆·····	258
六、墙背回填和回填土·····	259
七、上部结构·····	259
八、隅角部、连接段及其他部分·····	259
第四节 高桩台码头·····	261
一、概要说明·····	261
二、桩台基桩的施打·····	261
三、上部结构·····	261
第五节 格形钢板桩码头·····	264
一、概要说明·····	264
二、格形结构的打入方法·····	264
三、内部填充·····	266
四、上部结构·····	267
五、施工实例·····	267
第六节 栈桥式码头·····	270
一、概要说明·····	270
二、打桩·····	272
三、上部结构·····	274
四、挡土结构·····	275
第七节 岛式码头和墩式码头·····	276
一、概要说明·····	276
二、施工和施工实例·····	276
第八节 浮码头和系船浮筒·····	278
一、概要说明·····	278
二、施工和施工实例·····	278
第九节 附属设备·····	279
一、概要说明·····	279
二、防冲设施·····	279
三、系船柱·····	280

四、护轮坎.....	280
五、其他设备.....	281
第十节 码头的灾害及其修复工程.....	285
一、概要说明.....	285
二、灾害实例及修复工程.....	285

第一章 港口工程

第一节 港口工程的定义

一、港口设施和港口工程的种类

日本现在(1975年)有3900余个港口。其中受港湾法管辖的港口有1083个,受渔港法管辖的渔港有2825个。

港口要发挥其本身的功能,必须要有防波堤、码头、小船码头、锚泊地、航道等各种各样的设施。此外,为了对港口进行维护管理,或谋求防止环境的恶化并予以改善,也都必须要有各种各样的设施。

港口工程一词用于狭义的含义时,系指对上述设施中的防波堤、码头、航道等(所谓港外防护设施、系船设施、水域设施等)进行诸如新建、改建、维护修复之类的工程。另一方面,用于广义含义时,则不限于上述三种设施,有的把所有港口设施的新建、改建、维护修复所需进行的工程,再加上其他为了保全港口而需进行的工程(如排除甚至成为环境恶化原因的堆积污泥,进行污水的净化,漂流物的清除)都称之为港口工程。

那么港口设施究竟包括那些内容?根据港湾法,如表1.1所示的设施被视为港口设施。对本书而言,主要采纳狭义含义的港口工程作为研究对象。

港口设施的种类(根据港湾法第2条)

表1.1

№	设施名称	内 容
1	水域设施	航道,锚泊地和小船港池
2	港外防护设施	防波堤,防砂堤,防潮堤,导流堤,闸门,船闸,护岸,堤防,丁坝和护墙
3	系船设施	码头,系船浮筒,系船簇柱,栈桥,浮码头,小船码头和滑道
4	港口交通设施	道路,停车场,桥梁,铁路,有轨电车,运河和直升飞机空港
5	导航设施	航标和为船舶进出港服务的信号设施,照明设施和港务通讯设施
6	货物装卸设施	固定式装卸机械,轨道行走式装卸机械,货物装卸场地和货棚
7	客运设施	上下旅客用固定设施,行李房,候船室和旅馆
8	仓储设施	仓库,堆场,贮木场,煤堆场,危险品堆场和贮油设施
9	船舶服务设施	船舶用供水设施,供油设施和供煤设施,船舶修理设施以及船舶存储设施
10	港口公害防止设施	用于污水净化的引水设施,防止公害用的缓冲地带和其他防止港口公害用的设施
11	废弃物处理设施	用废弃物进行填筑所需挡土结构,容纳废弃物的设施,废弃物烧毁设施,废弃物破碎设施,废油处理设施,其他为了处理废弃物所需的设施
12	港口环境改善设施	海滨,草地,广场,绿化,休息处,其他为了改善港口环境所需的设施
13	港口卫生福利设施	海员及港口工人休息寄宿处,医务所,其他卫生福利设施
14	港口管理设施	港口办公楼,港口管理所需器材仓库,其他为港口管理所需的设施
15	港口设施用地	以上各项设施的用地
16	移动式设施	移动式装卸机械和移动式上下旅客用的设施
17	可移动的港作设施	协助船舶靠离码头用的船舶,为船舶供水、供油、供煤所需的船舶和车辆,以及用于废弃物处理所需的船舶和车辆
18	港口管理用移动式设施	清扫船,交通船,其他港口管理所需的移动式设施

二、港口工程的特点

(一)海上作业

使港口工程具有特色的最根本之处,在于港口工程是以水下和海上作为工程现场。可是也有采用挖入式港池等,利用干施工的方法进行大规模港口工程施工的例子,混凝土沉箱和方块等的制作,通常在岸上进行,但大部分港口工程的施工现场是在海上。港口工程有各种各样的特点,但任一特点都是由这一以海上为施工现场的特点所派生出来的。

(二)工程船舶

由于港口工程是以海上作业为主,工程船舶是不可缺少的。工程船舶有各种各样,在第二章第二节一、内叙述。

(三)利用浮力

另一方面,海上作业也有可以利用浮力的优点。在港口工程中,多采用1000~2000吨的沉箱,而这些沉箱通常是利用浮力,使它在海上漂浮起来,拖运至安放现场的。

(四)预制装配化

在海上建造结构物,容易受到气象、海洋水文情况等的影响,特别是在水下浇筑混凝土是困难的,因此混凝土结构采用预制的情况较多。沉箱、空心方块等就是其典型的情况。此外,在最近,不仅限于混凝土结构物,钢板桩格形结构也是在施工基地装配成一体,吊放下来,进行打入;这样的方法也正在开创之中。

(五)潜水作业

在港口工程方面,需要潜水作业的情况较多。目前潜水作业系依靠潜水员进行,但由于大部分系手工操作,同时潜水员的数目本身也有限制,因此要大幅度地提高潜水作业的能力是有困难的。所以,需要大量潜水作业的港口工程,其进度受到潜水作业进度的影响较大。

(六)波浪

在港口工程方面,受到波浪的影响特别大。波浪大,则工程船舶的摆动就剧烈,施工即成为不可能,同时成为沉箱的填充材料和回填料流失、混凝土模板冲走等返工事故产生的原因。

在某一季节,有时即使上半天海面平稳,而下午开始出现了风浪,施工成为不可能的情况也有,因此必须事先充分掌握好当地的气象和海洋水文情况的特点。

(七)潮位、潮流

海面随着潮位的涨落而时时刻刻在变化,港口工程的施工也受其影响。譬如,乘落潮的机会现浇混凝土,反之乘涨潮的机会把吃水较大的沉箱拖运走等,因而这些作业也可称之为“候潮施工作业”。潮流也限制港口工程的进行。例如,流速一旦超过某一数值,则抓斗式挖泥船的抓斗被冲动,而无法进行疏浚作业。另外,工程船舶的系泊本身也变得困难。依靠潜水员进行的潜水作业等也是受潮流影响较大的一种作业。

第二节 港口工程和自然条件

一、概要说明

由于港口工程系以海上作业为主体,就必然受到气象,特别是海洋水文情况的强烈影响。只有受雨的影响比较小,这是不同于陆上工程的。可是,受到以台风和季节风等所产生

的风浪和涌浪为首，潮流，潮位等因素的强烈影响，施工进度且不用说，有时连施工方法也大受其限制。

二、气 象

(一) 风

制订港口规划，以及进行港口设施的设计施工时，必须掌握该地区风的倾向，而用来表示风向和风速倾向的方法有风况图（见图 1.1），此图也称之为风向风速图，风图等（风向玫瑰图）。它是把风速分成适当的等级，按 16 个方位中的每个方位分别求各级风速的出现频率，而绘制成图的。风况图视需要的不同可按季、年、5 年、10 年、30 年等期间而作成。

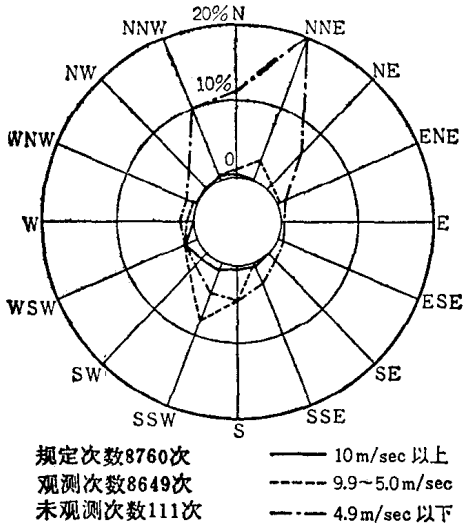


图 1.1 风况图之一例

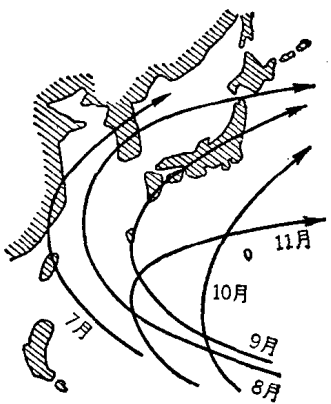


图 1.2 台风路径图

(二) 台风和季节风（见图 1.2）

所谓台风系指在南方海洋上发生的热带性低气压，经过发展以后，中心风速达到 17 米/秒以上者。台风的发生次数为一年内 20~30 次左右，而其中袭击日本本土的台风在多的年份内为 5~10 次，大部分系于 7~11 月份袭击。特别是在 8 月、9 月份前后发生的台风不仅其势力较强，在日本本土登陆的实例较多，屡次造成大的灾害。台风中心行进的速度多为 20~30 公里/小时（每日行程约 500~700 公里）；由发生地点开始至冲绳附近 约需 5 天时间，到达日本本土多需要约 7 天左右的时间。另外，随着接近日本本土，台风的速度增大，而以 30 公里/小时左右的速度通过的情况较多，但有时达到 60~70 公里/小时，偶而也有达到 100 公里/小时的。

风系沿反时针回转的方向向台风中心吹入。因此，台风进行方向的右侧（危险半圆）较左侧受风的影响大，也容易产生风暴潮等灾害。在台风有可能袭击的情况下，必须充分注意台风的路线等，预先制订好工程船舶避风，或防止发生质量事故等防灾对策。

在日本，特别是靠近日本海一边，冬季的季节风成为问题。亦即，冬季大陆较为冷却，产生高压；另一方面，太平洋比较温暖，因此产生低气压。由于此气压差的存在，寒冷的气流由大陆高压向太平洋上的低压区吹入。这就是冬季的季节风。在日本附近，由 10 月份开始至次年 3 月前后为止，是冬季季节风的盛行期。风向在日本海一边不是北风，就是西北风；越过日本列岛，达到靠太平洋的一侧，则变成不是西北风，就是西风。风速比台风稍

小，但有时达到 20 米/秒以上，也有的可与台风匹敌。风速最强的时期是大陆高压最盛的时期——12月、1月前后。大陆高压是以10天左右的周期而重复消长，因此季节风也随之而变化。有时也有数日之间强风连吹的情况，因此在制订施工计划时，必须事先充分预料到季节风的影响。

三、海洋水文情况

(一)波浪

波浪有的是由风直接引起的，也有的是发生于远处海洋上的风区，然后传播而来的。前者称之为风浪（风波），后者称之为涌浪。涌浪的特点是周期较长。

波浪一般具有不规则的波形，但在统计处理上，用规则波来代表它的表示方法有以下几种形式：

1.有效波（1/3大波）（ $H_{1/3}$ ， $T_{1/3}$ ）

由波高大的一端数起，就全波数（通常为100个波以上的观测值）的1/3，求波高和周期的平均值。亦称之为 1/3 大波。

2. 1/10 大波（ $H_{1/10}$ ， $T_{1/10}$ ）

由波高大的一端数起，就全波数的1/10，求波高和周期的平均值。

3.最大波（ H_{max} ， T_{max} ）

指波群中波高最大的波的波高与周期。

4.平均波（ H_{mean} ， T_{mean} ）

指波群中所有波的波高和周期的平均值。

(二)潮汐、潮位

1.潮汐主要是海面由于日月引力而呈大致准确有规律的重复升降现象。为了和风暴潮等气象因素产生的气象潮相区别，也称之为天文潮。通常每天产生两次涨落潮，但视地点和时间的不同，也有每天一次潮的情况。每日两次涨落潮称之为半日周潮，每日一次潮称之为日周潮。相邻的落潮水位与涨潮水位之差称之为潮差。此外，在每日两次潮中，其各自的潮差不同，此现象称之为日潮不等。半日周潮的平均潮周期为12小时25分钟；日周潮的周期为24小时50分钟。

不论上述那种情况，涨潮或落潮的潮时大体上逐日延迟50分钟左右。潮差在朔（新月）和望（满月）之后1~3日达到最大，称之为大潮（spring tide）。另外，在上下弦之后1~3日变为最小，称之为小潮（neap tide）。在每年中，春秋分前后的潮差为最大。日本沿岸处的大潮差（spring range，大潮时的潮差），在太平洋岸处为1~2米，日本海沿岸处为0.1~0.4米，在濑户内海处为2~3米左右。

2.潮位（见图 1.3）随潮的涨落而时时刻刻在变化之中；按照其不同的状态，分别定义如下：

（1）平均海面（M.S.L.）：把某一期间内（实用上采用一年）的潮位平均之，所得水位。

（2）朔望平均高潮位（H.W.

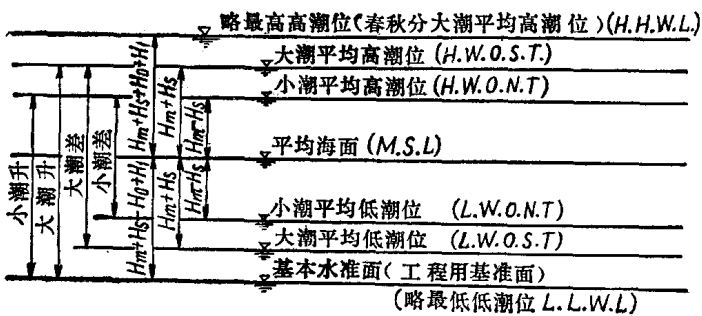


图1.3 潮位图

$L.$), 朔望平均低潮位 ($L.W.L.$): 是日本惯用的潮位, 它是朔望日以后 5 天之内所出现的各月最高 (最低) 潮位, 取平均后所得的水位。

(3) 大潮平均高潮位 ($H.W.O.S.T.$), 大潮平均低潮位 ($L.W.O.S.T.$): 相当于平均海面上 (或海面下) M_2 , S_2 分潮的半潮差之和的水位。

(4) 小潮平均高潮位 ($H.W.O.N.T.$), 小潮平均低潮位 ($L.W.O.N.T.$): 相当于平均海面上 (或海面下) M_2 , S_2 分潮的半潮差之差的水位。

(5) 基本水准面 ($C.D.L.$): 海图的零点, 亦即海图水深的基准值, 它是由平均海面减去主要 4 个分潮的半潮差之和以后所得水位。

基本水准面约与该港的最低低潮位相一致。但是在日本海沿岸等处, 由于平均海面的季节性变动比起涨落潮的潮位差还要激烈, 因此存在再三出现比基本水准面还要低的潮位情况。

(6) 施工用基准面 ($W.D.L.$): 它是进行港口工程之际应当作为基准 (亦即零点) 的水位。在日本, 采用此基准面与基本水准面相一致。此外, 除上述基准面之外, 尚有读取验潮记录时所用的基准面 ($O.D.L.$); 在利用潮位资料时, 必须留心不要取错了基准面。

另外, 大潮时的平均潮差称之为大潮差, 小潮时的平均潮差称之为小潮差, 如以 H_m , H_s , H_0 , H_1 代表主要 4 个分潮的半潮差, 则前者可以 $2(H_m + H_s)$ 来代表, 后者可以 $2(H_m - H_s)$ 来代表。

再者, 由基本水准面至大潮平均高潮位的高度称之为大潮升, 由基本水准面至小潮平均高潮位的高度称之为小潮升, 分别以 $2(H_m + H_s) + H_0 + H_1$ 和 $2H_m + H_0 + H_1$ 表示之。

在决定基本水准面, 预测任意时刻的潮位等的时候, 必须进行潮汐的调和分析。调和分析就是把潮位曲线看成是具有不同周期、相位和振幅的分潮之和, 然后根据实际潮汐观测记录, 决定上述各分潮的诸常数。

根据分潮的叠加, 可以知道任意时刻的潮位。分潮的数目有 100 个以上, 但其中特别重要的是表 1.2 中的 4 个分潮。

主要4个分潮 表1.2

符 号	名 称	半 潮 差	周 期
M_2	太阴半日周潮	H_m	12 小时 25 分
S_2	太阳半日周潮	H_s	12 小时 00 分
O_1	太阴日周潮	H_0	25 小时 49 分
K_1	日月合成日周潮	H_1	23 小时 56 分

此外, 日本气象厅已编好每年的潮位表, 表中记载着一年全年日本沿岸各地每天的涨落潮潮位和潮时的预报值, 因此可利用来编制施工计划等。如果想知道上述潮位表中记载的时刻以外任意时刻的大致潮位, 则可利用潮位表, 按照下列公式求出:

$$h = \frac{h_1 + h_2}{2} + \frac{h_1 - h_2}{2} \cos\left(\pi \cdot \frac{t}{T}\right) \quad (1.1)$$

但

$$t = t_0 - t_1$$

$$T = t_2 - t_1$$

式中: t_0 ——任意时刻;

t_1 ——紧挨任意时刻之前的涨潮 (或落潮) 潮时;

t_2 ——紧挨任意时刻之后的落潮 (或涨潮) 潮时;

h —— t_0 时刻的潮位;

h_1 ——紧挨任意时刻之前的涨潮（或落潮）潮位；

h_2 ——紧挨任意时刻之后的落潮（或涨潮）潮位。

（例）：求1975年11月16日11时东京验潮站的潮位。

紧挨11时之前的落潮， $t_1 = 9$ 时13分， $h_1 = 91$ 厘米。

紧挨11时之后的涨潮， $t_2 = 15$ 时9分， $h_2 = 182$ 厘米。

将上述数值代入（1.1）式

$$h = \frac{91 + 182}{2} + \frac{91 - 182}{2} \cos\left(\pi \cdot \frac{11\text{时}0\text{分} - 9\text{时}13\text{分}}{15\text{时}9\text{分} - 9\text{时}13\text{分}}\right)$$

$$= 136.5 - 45.5 \cos(0.300\pi) = 109.7 \text{厘米}$$

因此，东京验潮站11时的潮位为110厘米。

3. 风暴潮：所谓风暴潮系短时间内海面的异常上升现象，其产生的原因系由于下列作用：随着台风等的通过，因气压降低，海面被吸上升和因强风连续吹，海面向下风侧吹拢。在有明海、濑户内海、大阪湾、伊势湾、东京湾等处，台风通过其西侧时，产生风暴潮的危险性较大。风暴潮的实例如表1.3所示；所谓最大偏差系指由风暴潮时记录的潮位减去同一时间推算的天文潮（推算潮位）后所得差值（偏差）之中最大的数值。如风暴潮的来袭与涨潮同时发生，则形成很高的潮位，产生灾害的情况较多。

最大偏差在2米以上的风暴潮（1900～1973）

表1.3

年 月 日	发 生 地 点	最大偏差(米)	原 因
1917.10.1	东 京 湾	2.1*	台 风
1930.7.18	有 明 海	2.5*	台 风
1934.9.21	大 阪 湾	3.1*	室 户 台 风
1938.9.1	东 京 湾	2.2*	台 风
1950.9.8	大 阪 湾	2.4	台 风
1956.8.17	有 明 海	2.4*	9 号 台 风
1959.9.26	伊 势 湾	3.5	伊 势 湾 台 风
1961.9.16	大 阪 湾	2~2.5	第 2 室 户 台 风
1964.9.25	大 阪 湾	2.0	20 号 台 风
1965.9.10	内 海 东 部	2.2	23 号 台 风
1970.8.21	土 佐 湾	2.4**	10 号 台 风
1972.9.16	伊 势 湾	2.0	20 号 台 风

* 根据气象厅管理外验潮站的资料。

** 推测值。

4. 假潮

湖泊和港湾内产生的长周期固有振动，称之为假潮（静振）。另外，对于港湾而言，也有的称之为副振动。在台风和较大的低气压等将要来临的情况下，有的港口假潮显著发展。表1.4所示系港湾假潮的实例。

假 潮 的 实 例

表1.4

地 点	卓 越 周 期	最 大 振 幅
官 古	20~27分钟	1.4 米
官 古	44~52分钟	1.5 米
官 津	45~60分钟	0.7 米
清水（高知）	20~25分钟	1.2 米
长 崎	34~38分钟	1.3 米

5. 根据水尺进行潮位观测

在港口工程现场, 通常设置水尺进行潮位观测。在设置时, 要把水尺装设在不可能沉降和移动的物体上, 这是理所当然的。但即使是这样, 也还必须经常对其是否发生移动进行校核。另外, 在水面波动的情况下, 读取水位读数的方法如下: 首先连续读取波峰水位10个, 然后再连续读取波谷水位10个, 将上述20个水位读数平均之, 作为当时的水位。

(三) 潮流

潮流是随着潮汐的涨落, 在海湾内或海岸附近产生的海流。其流速和流向呈周期性变化, 即沿大致一定的方向, 往复交替地流动。在转流时, 短时间内潮流几乎停止。由于潮汐通常为半日周潮, 潮流也在每天内产生2次涨潮流和2次落潮流, 其周期约为半日。

如潮流特别大, 潜水作业不能进行, 这且不用说, 就连疏浚作业、沉箱、方块等的安放作业、把工程船舶安置在一定位置上的作业等也变为困难的工作。

潮流的流速通常以节(kt)或米/秒来表示(1节 $\approx$ 0.51米/秒)。在日本濑户内海来岛海峡等处, 有时流速达到10节左右。

(四) 海岸泥砂运动

海底物质因波浪和潮流的作用而产生移动, 称之为海岸泥砂运动。它是造成港口、航道回淤、河口淤塞、海岸侵蚀、港口建筑物基础冲刷等的原因。如海底为砂土, 或附近有挟带泥砂下泄的河流时, 必须考虑到海岸泥砂运动, 而注意施工的时期和顺序等。如在这种地点进行诸如开挖和疏浚之类的作业时, 必须对防淤措施予以充分注意。

四、地质地貌

(一) 海湾内或河口附近的土质

日本港口的的位置大部分选定在河口或海湾内, 这种地方冲积层发达, 地基软弱处较多, 它是给港口设施的设计施工带来困难较多的地方。

冲积层可分成: 1. 由河流搬运下泄的泥砂堆积在河川流域及河口部分而形成的河成堆积土层; 2. 上述泥砂堆积在陆岸附近的海底, 另外, 为波浪所侵蚀的砂土被沿岸流搬运, 而堆积在湾口和湾内靠岸处, 从而形成的海成或湖成堆积土层。上述冲积层的层底在-30~-60米, 有的地区达到-100米。

冲积层的堆积年代比较新, 所以土颗粒之间的固结程度较差。粘土冲积层和淤泥系软弱土层, 其标准贯入击数 $N = 0 \sim 5$, 超过10者极为罕见。此外, 砂一般无颗粒之间的结合, 而呈松散状态。其 N 值为10~30, 而超过30者较少。特别松散而粒径均等的新形成的砂堆积物, 其 N 值也有在5以下的。

另一方面, 所谓洪积层系指第四纪洪积世的时代内堆积成的全部土或未固结的堆积物, 它构成了各地的阶地、台地、丘陵地等; 另外, 也有的分布在冲积层的下面。洪积层的土与冲积层的土相比较, 其紧密状况和固结度均较大; 古期洪积层的土, 有的莫如说它和软岩石相近。洪积砂层的 N 值一般多在30以上。另外, 洪积粘土层处于固结状态下, 有的在现场称之为泥岩。洪积层地基用来作为承载地基, 一般比冲积层好。

(二) 岩盘

一般在港口工程方面岩盘成为问题者, 系在开挖或疏浚的情况下。象拦河坝和桥梁工程那样, 岩盘基础的承载力成为问题的情况较少, 而岩盘是否易于开挖或破碎, 成为人们所关心的事情。从这样的观点出发, 岩盘的力学特性不仅要看构成岩盘的岩石本身的物理特性,

同时也在很大程度上决定于其风化程度、龟裂、节理、断层等的状态。即使岩石本身是坚硬的，但有许多细的裂缝的岩盘，破碎和疏浚就容易。相反，岩石本身并不那样坚硬，但没有裂缝的岩盘，往往疏浚是困难的。因此，与岩石破碎和疏浚工程有关的方面，岩石本身的强度固然要考虑，另一方面，调查岩石的裂缝等的状态也是重要的。表 1.5 所示系比较新鲜而坚硬的岩石的物理性质之一例。

岩石的比重、吸水率、压缩强度 表1.5

	岩 石 名 称	比 重	吸 水 率 (%)	压 缩 强 度 (kg/cm ²)	
				干 燥 状 态	湿 润 状 态
火 成 岩	花 岗 岩	2.60	0.80	1630	1950
	花 岗 岩	2.61	0.45	2290	2360
	花 岗 岩	2.60	0.52	1360	1380
	石 英 斑 岩	2.66	0.34	1560	1980
	安 山 岩	2.63	1.14	1340	1030
堆 积 岩	古 生 层 砂 岩	2.68	0.10	1730	1640
	古 生 层 砂 岩	2.63	0.38	2540	2720
	粘 板 岩	2.72	0.84	1820	910
	石 灰 岩	2.69	0.15	1920	—
	凝 灰 岩	2.50	1.85	1330	990
	凝 灰 岩	1.53	16.27	145	93
	凝 灰 岩 (大谷石)	1.40	23.55	198	64
	辉 绿 凝 灰 岩	2.86	0.64	1085	860
变 成 岩	片 麻 岩	2.77	0.26	1990	1580
	绿 色 片 岩	3.00	0.34	—	1240
	蛇 纹 岩	2.87	0.51	—	1590

为了知道以岩基的实际的可破碎性、可切削性为着重点的力学性能，即包含有龟裂的岩基中实际岩石的强度，可采用弹性波波速探测法、岩石质量指数法、岩石的可凿性等方法。在这些方法中，为了判断岩基疏浚的难易程度，从简易性、迅速性等方面来看，以弹性波波速法最有希望。

1.弹性波波速探测法

弹性波波速探测法的原理将在第三章第一节三、内叙述。

作为弹性波一般采用纵波（P波）或横波（S波），但由于在同一介质内，纵波的传播速度 V_p 比横波的传播速度 V_s 快，而先到达，所以一般多采用纵波的传播速度 V_p 。上述两波速可分别以下列公式表示之：

$$V_p = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)}} \tag{1.2}$$

$$V_s = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{1}{2(1+\nu)}} \tag{1.3}$$

式中： E ——弹性模量；
 ρ ——密度；
 ν ——柏松比。

另外，如测定了 V_p 或 V_s ，而密度和柏松比已利用其他方法求出，则根据公式(1.2)或公式(1.3)可求出弹性模量。例如，由公式(1.2)可得：

$$E_v = \rho V_p^2 \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{(1-\nu)} \tag{1.4}$$