

〔日〕 合田良實 著

港工 建筑物的 防浪设计

海洋出版社



191344

港工建筑物的防浪设计

〔日〕合田良實 著
刘大中 译
孙巨才 译
石朝晖 校

海洋出版社

1983年·北京

内 容 简 要

本书系统地归纳总结了近些年来海洋科学工作者关于近岸海洋工程研究的成果及不规则波设计的方法。全书共分两篇。第一篇概述了波浪的统计性质和波谱与波浪要素之间的关系,并扼要叙述了波浪传播、折射、绕射、反射及破波变形的不规则波计算法,直立堤、混成堤波浪力的合田计算法等。此外,还介绍了防波堤、护岸设计,港内波况以及不规则波试验方法等。第二篇重点介绍了海浪谱理论,波形极大值理论,波的非线性,频谱与方向谱的分析与观测方法,不规则波的数字模拟与滤波等。全书内容新颖,资料丰富,阐述清晰。

本书可供海洋水文、港口工程、海上采油、造船、海洋环保等专业的师生、科研工作者及工程技术人员参考。

港湾构造物の耐波设计

港工建筑物的防浪设计

[日] 合田良實 著

刘大中 译
孙巨才
石朝晖

海 洋 出 版 社 出 版

(北京市复兴门外大街)

新华书店北京发行所发行

北 京 印 刷 一 厂 印 刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 10 3/4 字数: 250 千字

1984年6月第一版 1984年6月第一次印刷

印数: 2,100

统一书号: 13193·0257 定价: 1.85元

序

我国水运的自然条件非常优越，历史上曾经有过良好的水运发达时期。解放以来，海运事业有很大发展，最近党中央、国务院对加速发展水运事业，作了一系列重要指示，这为振兴我国水运事业指明了方向。随着我国外贸进出口物资运输的不断增长，我国的海洋开发、港口建设，也将日益蓬勃发展。这对促进社会主义经济建设的发展，“四化”的早日实现，将具有极其重要的意义。

目前我国港口工程技术规范在“海港水文”部分及港工专业教材“港口工程”中所阐述到的海浪要素，均以规则波理论为基础。但实际自然现象却是不规则波，近二十余年来，科学研究不断进展，调查及实测资料逐渐充实，随机波动理论近来在工程上得到应用。

本书著者为了尽可能正确认识海浪及其有关因素，综合了日本近些年来不规则波对港工建筑物有关的科学研究成果及工程设计方法；基于著者多年从事该项工作的见解和判断，提供了应用不规则波的理论及实践的依据；搜集了有关便于应用的图表；还提出了解决问题的方向。这些都是值得参考与借鉴的。

本书译得及时，译文通畅翔实，所介绍的先进理论及工程技术，对读者均有裨益。

侯穆堂

1982年3月

译 者 的 话

为了振兴中华，加速我国海洋工程技术的发展，增进中日文化技术交流，现将合田良实先生近著《港工建筑物的防浪设计》一书翻译出版，以便及时地介绍他所总结的迄今为止国外对不规则波海浪研究的理论及其在工程上的应用。

在翻译的过程中，承蒙梁其荀高级工程师、侯穆堂教授大力支持，对全书大部分译文做了仔细地审阅和修改。他们在百忙中为本书出版做了许多有益的工作，我们在此深表谢意。本书 3、4、10 章，附表，中、日对照表由刘大中翻译；序，1—2，5—9 章由孙巨才翻译。全书稿由石朝晖副译审校对。

本书部分章节还得到了邱大洪教授、马良副教授的指导，也在此表示感谢。

由于水平所限，翻译中难免有错误之处，希望读者批评指正。

译 者

1983 年 3 月

前 言

我们对海浪非常熟悉。在港口建筑物设计中，海浪是居于首位的自然外力。它的性质虽很多，但具有重要工程意义的还是它的不规则性。近年来，关于波浪不规则性及其影响的研究进展很快。本书即根据有关研究成果，把在不规则波作用下港口工程建筑物设计方法搜集成文。

必须将海浪作为不规则波来处理。这种观点在船舶工程、海洋开发工程等方面早已确立，在港口工程学领域也已逐渐形成。虽然领域不同，但有共同之处，它们都应用到不规则波。因此，作者认为似乎应该允许存在一门称作“波浪工程学”的边缘学科。除本书所提及的港口工程学内容而外，它当然还将包括波浪的发生、发展、出现概率、设计波的选择等波浪本身的问题，以及海上建筑物和船舶的设计问题、波能利用等内容。作者期待有一天会出现综合论述波浪与工程问题的园地。在此意义下，将本书的副标题定为《波浪工程学序论》。

在编写本书时，首先考虑的是从事港口建设规划和设计工作的读者，同时也照顾到欲深入研究波浪问题的读者。从第一章到第七章以前者为对象，从第八章到第十章的第Ⅱ篇以后者为对象。对于从事设计工作的读者，第Ⅱ篇或许稍为偏难。但作者认为让这部分读者概略了解一下实际计算的理论基础是有所裨益的。当然，第Ⅰ篇的内容本身已算完整，因此，将第八章以后略去也无妨。不过，对于专门从事理论研究的人而言，可能会感到第Ⅰ篇的内容主观性或论断性的

东西太多。然而工程学的最终目的是创造出有益于人类的东西。对于工程技术人员来说，有时不得不在没有可以信赖的理论的情况下作出决断并绘出设计图纸。本书第一篇指出如何在这种情况下解决与波浪有关的问题，并尽力提示属于方向性的东西。

由于篇幅所限，将以往在海洋工程学领域应用过的波浪基础知识忍痛割爱，只介绍从事设计和研究工作所必需或作参考的内容。关于波浪基本性质，请参考相应的书籍，例如《海岸、港湾》(彰国社，1972年版)。

书中插图有的是从其他刊物上转载的，对其出处均作了说明。在此特向欣然应允转载的同事们致以谢意。关于作者以前发表的图表，只标注了文献序号，无标注者，是新绘制的，曾登在1976年7月到12月日本港湾协会刊印的《港湾》杂志上。在以《不规则波作用下，港工建筑物的设计方法》为题连载的讲座中使用过的图表，这次也未另行标记。但本书第一篇是根据该讲座的内容，增补改写而成。因此，对慨允转载讲稿的日本港湾协会深表感谢。在原稿执笔阶段，曾得到运输省港湾技术研究所的加藤始、后藤七郎、高山知司、铃木康正等的指导，在此谨表谢意。更应指出，本书所介绍的研究成果，多为运输省港湾技术研究所海洋水文部波浪研究室全体成员近十年协同努力的产物。对现在的及原来的研究室成员的大力协助并致谢意。

出版本书的想法是鹿岛出版会的龟田昭克先生在1972年初向作者提出的。当时因研究工作尚未开展，曾一度谢绝。此次终于完成了嘱托，颇有如释重负之感。

本书直到出版为止，一再承蒙龟田先生的大力协助，在

此表示衷心感谢。

作者

1977 年 5 月 30 日

目 录

I 设计实用篇

第一章 绪论	(3)
1.1 海浪	(3)
1.2 不规则波设计计算方法概要	(5)
第二章 海浪的统计性质和谱	(11)
2.1 不规则波形及其特征值	(11)
2.2 波高和周期的分布	(16)
2.3 波谱	(24)
2.3.1 频谱.....	(24)
2.3.2 方向谱.....	(28)
2.4 谱和特征波的关系	(37)
第三章 波浪变形	(41)
3.1 波浪折射	(41)
3.2 波浪绕射	(53)
3.3 换算深水波	(67)
3.4 波浪的浅水变形	(68)
3.5 破碎波的变形	(72)
3.6 波浪的反射和消浪	(90)
3.7 沿建筑物的波高分布	(91)
3.8 防波堤的传递波	(102)
第四章 防波堤设计	(109)
4.1 直立式防波堤的设计波压力	(109)

4.1.1	波压力公式沿用历史	(109)
4.1.2	设计波压力的计算	(114)
4.2	混成防波堤设计的若干问题	(131)
4.3	斜坡式防波堤设计的若干问题	(143)
第五章	护岸设计	(150)
5.1	护岸越浪量	(150)
5.2	护岸的顶高程	(159)
5.3	护岸设计的若干问题	(166)
第六章	港内平稳度	(168)
6.1	港内平稳度主要因素	(168)
6.2	港内波浪出现率推算法	(170)
6.3	港内波高图解法	(181)
6.4	提高港内平稳度的措施	(184)
第七章	不规则波模型试验	(190)
7.1	相似律和模型比尺	(190)
7.2	不规则波产生方法及数据分析	(192)
7.3	不规则波试验方法	(199)

II 调查研究篇

第八章	不规则波的描述	(209)
8.1	前进波波形及其分散关系式	(209)
8.2	用谱表示不规则波的波形	(212)
8.3	随机过程和谱	(215)
第九章	不规则波的统计理论	(221)
9.1	波高分布理论	(221)
9.1.1	不规则波的包络波形	(221)

9.1.2	波高的瑞利分布	(223)
9.1.3	最大波高的概率分布	(227)
9.2	波浪“连”的理论	(230)
9.3	周期分布理论	(238)
9.3.1	上跨零点法的平均周期.....	(238)
9.3.2	周期分布及其与波高的联合分布	(239)
9.4	波形极大值理论	(248)
9.5	波浪的非线性	(253)
9.6	波浪统计量的变动性	(262)
第十章	不规则波的分析方法	(266)
10.1	波浪统计量的分析.....	(266)
10.1.1	模拟记录的分析.....	(266)
10.1.2	数字记录分析.....	(268)
10.2	频谱分析.....	(273)
10.2.1	谱的推算理论.....	(273)
10.2.2	由光滑周期图法估算谱的方法.....	(280)
10.3	方向谱的分析.....	(286)
10.3.1	方向谱和协方差函数的关系.....	(287)
10.3.2	用浪高仪阵列法推算方向谱.....	(289)
10.3.3	其他方向谱的推算法	(298)
10.4	不规则波反射率的测定.....	(302)
10.5	不规则波波形的数值模拟和数值滤波.....	(307)
附表	水深一周期一波长及波速计算表	(312)
	日、中文对照表	(320)

I 设计实用篇

第一章 绪 论

1.1 海 浪

人们在海洋中兴建各种建筑物。其中有防波堤、岸壁等港工建筑物，海堤、护岸等海岸建筑物，海上采油平台等海上建筑物，可谓种类繁多。这些建筑物要在抵御风、浪、流、地震等自然外力的同时，发挥人们所要求的作用。因此，应对自然界的外力进行深入地调查研究，尽量地正确认识它们，努力断定它们的大小。

在海上建筑物所处的自然环境中，波浪最有特征也最有影响。由于它，海上建筑物与陆上建筑物有了决定性的差异。但是，波浪是最富于变化的自然现象之一，因此，要掌握它的本质并非容易。

海浪的性质可以列举很多。例如，随风而起，不断发展直至排浪如山，风停后则踪迹全无。这种变幻无常即是其一。其次，如乘船出海环顾海面，定会看到大浪小波奔腾四散。形状的不规则也是波浪的另一重要性质。此外，悠闲地冲击着海岸边的涌浪，重复着同一个波形，最后依次破碎，这也是波浪的特点。小说家山本有三，曾将波浪的重复性喻为父传子，写成了小说《波》。

波浪在水面发生、传播，本是我们在日常生活中司空见惯的现象。然而，以数学公式表示并说明其性质，还是十九

世纪以后的事*。

1802年,捷克布拉格市的数学家盖斯特奈尔(F. Gers-tner)发表深水波理论(余摆线波理论)。尔后,于1845年,英国的艾里(G. B. Airy)提出从深水到浅水区的统一波浪理论(微幅波理论)。1847年,斯托克斯(G. G. Stokes)发表波高大的(有限振幅)深水波理论。将其扩展到一般水深,即为波高大的(有限振幅)斯托克斯波理论。在水深浅的水区,存在着只有一个波峰的孤立波,即便该波波高很大,也稳定传播。这一问题已于1844年由斯科特·罗塞尔(J. Scott Russell)研究清楚。对此,布西奈斯克(J. Boussinesq)(1871)和瑞利(Rayleigh)(1876)分别提出理论依据。水深浅的水区波高大的(有限振幅)周期波理论(椭圆余弦波理论)是克吐威格(Korteweg)和底·富里斯(De Vries)于1895年推导出的。

如上所述,尽管波浪的基础理论已于十九世纪建立起来,但达到土木技术人员自由运用的阶段,却用了数十年时间。其中有一例外,马赛港工程师森弗罗的立波波压力理论^[2]于1928年发表后,不久便引起了港口工程有关人员的注意,后来作为一种防波堤设计理论为各国所采用。然而,理论与实践的正式结合,还是在第二次世界大战中。斯维尔德鲁普(H. U. Sverdrup)和蒙克(W. H. Munk)^[3]的波浪推算法(经过修改成为现今的SMB法),彭尼(Penny)和普赖斯(A. T. Price)^[4]的防波堤波浪绕射计算法等等都是那时出现的。这就是所谓海洋工程学的诞生。

* 下述波浪研究小史以记载在Lamb著作^[1]中的文献为依据。

SMB 法认为海浪大小不一, 并采用有效波为特征值。该特征值等于波群中三分之一个大波的平均值。可见有效波概念是以人们对波浪不规则性的认识为前提的。但作为结果却用单一的波高和周期来表示波浪, 所以往往把海浪看作波高、周期一定的规则波, 而且将规则波理论和试验成果直接应用于现场的情况为数不少。

另一方面, 抓住海浪不规则的基本特性, 应用于设计计算的尝试工作, 由美国海洋学家皮尔逊^[6]于 1952 年着手进行。他在与 SMB 法对应的 PNJ 波浪推算法^[6]中, 引入了波谱的概念, 以此作为表示波浪不规则性的基础, 详细论述了以此计算波浪的发生、发展和涌浪传播及其在沿岸变形的方法。在海洋学领域, 人们很早以前就应用到谱的概念, 但在港口和海岸工程学领域, 却只限于一部分研究人员, 而且很少应用到实际计算。

尽管如此, 随着研究成果的积累, 人们对海浪的不规则性及其重要性的认识日趋加深。而且, 用单一规则波的有效波进行实际海浪的分析时, 所产生的种种矛盾更加明显化。因此, 本书将以不规则波的概念作为设计计算的基础, 并由此提出一个防波设计体系。

1.2 不规则波设计计算方法概要

(1) 波浪变形

为计算波浪对海上建筑物的作用, 须弄清楚在海上因风而发生、发展的波浪, 在向沿岸传播的过程中是如何变化的。图 1.1^[7]即为表示波浪变形过程的模式图。

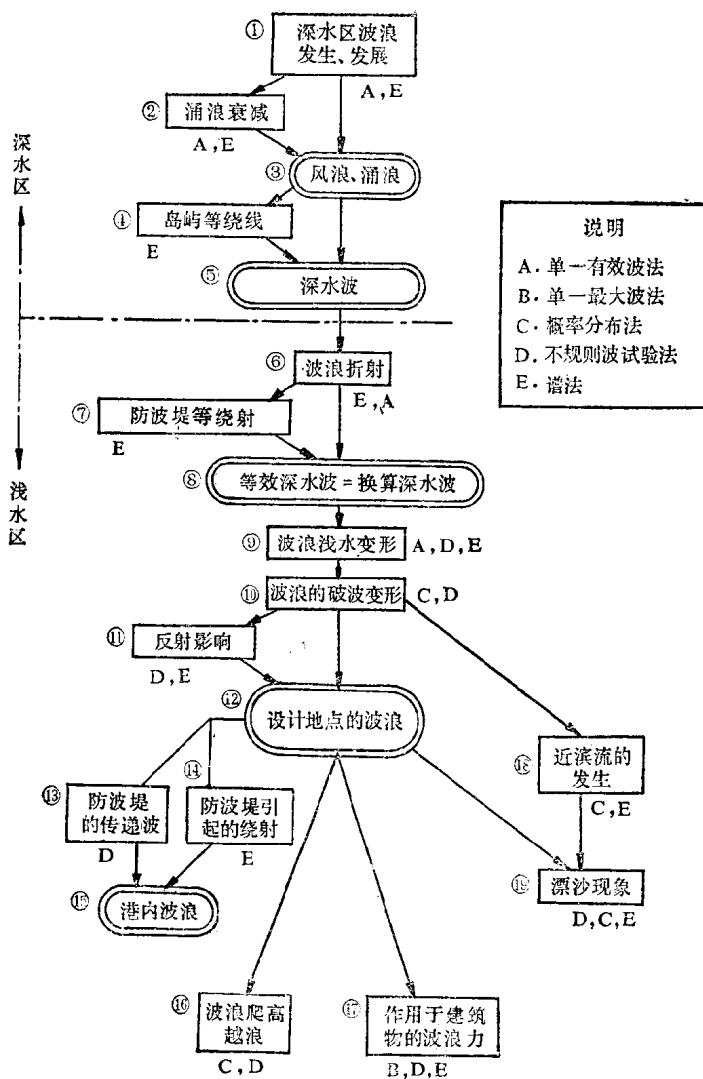


图 1.1 波浪变形程过图^[7]