

〔日〕赤塚雄三 関博 著

滕福崇 周壬壬 译

水下混凝土 施工法

中国建筑工业出版社



水下混凝土施工法

[日] 赤塚雄三 関博 著

滕福崇 周壬壬 译

中国建筑工业出版社

本书主要介绍水下混凝土的施工技术。阐述了水下混凝土的材质及配合设计,水下普通混凝土施工,压力灌浆混凝土和水泥砂浆的灌注法,海洋混凝土的施工条件,水下混凝土的质量检验以及防止污染的措施等。并对必须采用水下混凝土施工的构筑物作了介绍。

本书着重叙述水下混凝土施工的各种方法,对有关设计方面的理论问题,也作了介绍。

本书可供从事水下混凝土工程的施工、设计、科研的技术人员和大专院校有关专业的师生参考。

水中コンクリートの施工法

赤塚雄三・関博 著

鹿島出版会

1975

* * *

水下混凝土施工法

滕福崇 周壬壬 译

* * *

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本: 850×1168毫米 1/32 印张: 8¹/₂。字数: 218千字

1983年6月第一版 1983年6月第一次印刷

印数: 1—12,900册 定价: 1.00元

统一书号: 15040·4441

译者序

本书作者对水下混凝土的施工技术，经过多年广泛的施工实例调查，积累了丰富的施工经验和知识。对水下混凝土的材质及配合设计、水下普通混凝土的施工法，灌浆混凝土和水泥砂浆的灌注法，海洋混凝土的施工条件，防止环境污染的措施，以及水下混凝土的质量检验方法均作了详细的介绍，并对水下混凝土的施工方法进行了较系统的论述。

本书的特点是从实际出发，理论联系实际，使施工设计做到切合实际，技术先进，经济合理，安全适用。

本书详细介绍了水下混凝土的施工技术，特别是海湾港口工程和桥涵等大体积水下混凝土工程的施工方法。目前，此类书籍无论日本和我国都比较少。作者所提供的一套较为完整的施工方法，对从事水下混凝土的设计、施工工作者很有启发和借鉴，是一本必要的参考书。本书译文由北京建筑工程学院高履泰同志审校过。

我国正在进行四化建设，如果本书能对加速水下工程的建设起些促进作用，则感幸甚。译者对水下混凝土施工技术缺乏实践经验，如有错误和不妥之处，恳切希望读者指正。

1982年3月

推荐的话

混凝土的实用性毋庸论述，但作为建筑材料，由于其水凝性好，不仅经济，还能在施工现场制成强度高的任意形状的构筑物。众所周知，在水下施工困难大是一个缺点，因此，能施工方便而且可靠性高是多年来研究水下混凝土施工技术的课题。在港湾工程中需要大量水下混凝土，再加上海洋开发的时代要求，进一步研究优异的水下混凝土施工技术是十分必要的。

大约20多年前，我在运输省（交通部）港湾技术研究所，参加了负责港湾工程材料和施工法研究室的创建工作，最初研究的课题就是开发水下混凝土技术。以后，在该研究所由从事研究材料施工的赤塚、关两位对水下混凝土施工法进行了系统化，直到本书刊出，实在感到非常高兴。

本来，这种施工技术理论的处理和研究成果的实际应用一般是困难的，宝贵的施工经验往往停留在有关技术人员个人的体会之中，对以后的技术发展贡献不大。作者克服了这些困难，进行了多年的、广泛的施工实例的调查，积累了多种多样的施工经验，并进行了试验研究和在施工现场的实用验证。并且对国内外发表的研究成果和施工实例也详细地研究探讨以集其大成，从而对水下混凝土施工法加以系统化。加之近年应海洋开发的要求，收集了大量水下混凝土快速施工技术的情报，其中涉及了海洋工程所带来的环境保护问题，文内提出的防止污染措施和评价环境的方针，可说是适时的。

本书不仅对港湾及海洋构筑物工程具有参考价值，而且对必须水下混凝土施工的所有构筑物的设计以及现场施工人员都是必备的好书。能广为所用，是我所希望的。

日本港湾协会理事长 岡部保

1975年7月

序 言

很早以前曾以各种方法进行过在水下浇灌混凝土的试验。例如从1824年发明波特兰水泥以来，仅仅32年之后于1856年在法国就有用木桶做导管实验的纪录。结果，大部分水泥流失和发生水泥翻沫等经过施工上的多次失败之后，想出了使混凝土和水的接触限制到最小程度的措施，如：用袋装放入水下；用开底容器流进去；通过导管灌入水下等许多浇灌水下混凝土的方法。

在日本最早的土木学会素混凝土规范（一般构筑物——1943年）中，关于在水下浇灌及养护混凝土方面作了如下的叙述：

①混凝土在水下浇灌。

②用漏斗浇灌混凝土，以使混凝土中的水泥不致流失。但得到技术负责人批准的情况下，可以用开底箱或袋装。

③在混凝土凝结前，应防止水流动。

在静水中浇灌混凝土，尽可能断绝与水的接触，就是在现在也是水下混凝土最大的要点。关于水下混凝土的成败与否，与其说在施工方法的理论方面，毋宁说主要取决于施工的精心程度的经验上。因此，有关水下混凝土的研究和技术开发上，应集中在施工经验方面，正如众所周知的有：灌浆混凝土施工法、KDT施工法或称液压阀施工法（即用挠性软管为导管施工法）。开发了这些边缘技术的各种灌注施工法或就地灌注桩等施工法。

最近采用劲性钢筋混凝土及钢筋混凝土构件的水下施工的例子非常多，证实了即使在水下也能施工成高质量的混凝土。

这样，近年来的研究和技术开发的成果达到相当高的水平，但在文献里大部分只是片断地介绍了事例，除了关于灌浆混凝土有两三本著作外，综合介绍水下混凝土施工方法的技术书籍却完全没有。本书从上述观点出发，拟作为从事水下混凝土设计、施

工的工作者的参考书。有关其施工方法，包括过去的施工实例和最近的技术开发成果，为水下混凝土施工法的系统化进行了尝试。

虽说是水下混凝土，但也包括在混凝土的范畴之中，因此作为水下混凝土施工法的综合性技术书籍，对混凝土所用材料及其各种性能或施工法的一般问题也是应当提到的。但是，本书受到篇幅所限，把一般有关混凝土的阐述压缩到最小限度，专门叙述有关水下混凝土的施工技术问题。关于一般混凝土有许多好的技术书籍，必要时希参考。

编写本书时，参考了很多文献和著作，同时作者进行的施工实例的调查也得到了多方面的帮助，对这些作者和协助调查人员谨表示感谢和敬意。

赤塚雄三

関 博

1975年10月

目 录

译者序

推荐的话

序言

第一章 概说 1

第二章 水下混凝土的材料和质量及配合设计 3

2-1 水下混凝土的材料 3

2-1-1 水泥 3

2-1-2 细集料 3

2-1-3 粗集料 5

2-1-4 水 7

2-1-5 外加剂 8

2-1-6 掺合料 10

2-2 水下混凝土的质量 11

2-2-1 水下浇灌普通混凝土的质量 11

2-2-2 灌浆混凝土的质量 13

2-3 水下混凝土的配合设计 31

2-3-1 普通混凝土的情况 31

2-3-2 灌浆混凝土的情况 33

2-4 水下施工的钢筋混凝土 44

2-4-1 钢筋 44

2-4-2 钢筋和水下混凝土的粘着强度 46

2-4-3 水下施工钢筋混凝土的强度特性和构件
屈服应力 47

2-4-4 水下施工钢筋混凝土的容许应力强度 50

2-4-5 高强度灌浆混凝土 51

引用文献 54

第三章 水下普通混凝土的浇灌施工法	56
3-1 简易水下混凝土的施工法	56
3-1-1 袋装混凝土	56
3-1-2 采用底开容器的方法	59
3-1-3 浅水处直接浇灌混凝土的方法	62
3-1-4 最近的施工实例与施工中的注意事项	63
3-2 采用导管的施工法	64
3-2-1 施工法的概要	64
3-2-2 导管的型式	66
3-2-3 应用导管的施工	70
3-2-4 施工缝表面的处理	75
3-3 挠性软管的施工法	76
3-4 采用混凝土泵的施工法	80
3-4-1 施工法的概要	80
3-4-2 50年代的混凝土泵和施工实例	83
3-4-3 60年代以后的混凝土泵和施工实例	86
3-5 就地灌注桩及连续墙和水下混凝土	91
3-5-1 就地灌注桩的施工法	91
3-5-2 连续墙施工法	92
3-5-3 采用导管的施工法	93
3-5-4 人工泥浆的特性和处理措施	96
引用文献	98
第四章 灌浆混凝土和水泥砂浆的灌注施工法	99
4-1 灌浆混凝土	99
4-1-1 施工顺序	99
4-1-2 材料的准备及处理	100
4-1-3 模板的安放及防漏操作	100
4-1-4 填充粗集料	106
4-1-5 灌注管	106
4-1-6 水泥砂浆的检验	111
4-1-7 混凝土搅拌厂	115
4-1-8 灌注及施工管理	126

4-1-9 水下接缝	132
4-2 在深水下灌浆混凝土的施工	134
4-2-1 在深水下水泥砂浆的性质	134
4-2-2 灌浆混凝土的强度	134
4-2-3 深水下灌浆混凝土的施工实例	134
4-3 钢筋灌浆混凝土的施工	136
4-4 重灌浆混凝土的施工	139
4-4-1 放射线遮蔽体的适用实例	139
4-4-2 灯标建设工程中的应用实例	143
4-5 污浊水下灌浆混凝土的施工	144
4-5-1 在废弃物多的海域中施工	144
4-5-2 浊流中施工	149
4-6 大量灌浆混凝土的快速施工	152
4-6-1 概说	152
4-6-2 材料的供应计划	153
4-6-3 材料分离的措施	153
4-6-4 灌注水泥砂浆的温度上升	155
4-6-5 水泥砂浆的灌注管理	157
4-7 向地基灌注水泥砂浆的施工法	159
4-8 用水泥砂浆灌注就地灌注桩的施工法	160
4-8-1 CIP桩	160
4-8-2 MIP桩	161
4-8-3 PIP桩	161
4-9 特殊的水泥砂浆灌注法	165
4-9-1 混凝土垫层施工法	165
4-9-2 桩的防蚀和加固外套施工法	170
4-9-3 施工缝接头和缝隙的填充用袋装水泥砂浆	172
4-9-4 调整构筑物基础平整度等用袋装水泥砂浆	176
4-9-5 对埋设件的灌注水泥砂浆的施工法	178
引用文献	179
第五章 海洋混凝土的施工条件	180
5-1 概说	180

5-2 风和波浪	181
5-2-1 风	181
5-2-2 波浪	184
5-2-3 波浪的区域特点	186
5-3 可能作业的界限波高和波浪预测	190
5-3-1 可能作业界限波高	190
5-3-2 可能作业天数的估计	190
5-3-3 波浪预测的应用	192
5-4 潮汐与工程标准水面	194
5-4-1 天体潮	194
5-4-2 气象潮	194
5-4-3 海湾工程标准水面	195
5-5 潮流和漂砂	197
5-5-1 潮流	197
5-5-2 潮流的预报	197
5-5-3 漂砂	198
5-6 预制构件和水下混凝土	198
5-7 混凝土的海上搬运	200
5-7-1 概说	200
5-7-2 船台上装载卡车搅拌机的方法	201
5-7-3 船台装翻斗的方法	202
5-7-4 海岬船运输的方法	204
5-8 混凝土设备船	205
引用文献	213
第六章 海洋混凝土的环境问题和措施	214
6-1 概说	214
6-2 海水污染的影响	214
6-3 凝固混凝土的影响	216
6-4 海上设备中废弃混凝土和污水的发生	219
6-5 浇灌混凝土所发生的污浊水	221
6-5-1 采用简易方法浇灌水下混凝土的情况	221

6-5-2	采用导管及混凝土泵的情况	222
6-5-3	灌浆混凝土的情况	223
6-5-4	水中防止模板的污浊效果	223
6-6	污浊水的发生量及其水质	224
6-7	排水的处理	226
6-7-1	排水的成分和排水标准	226
6-7-2	沉淀槽	227
6-7-3	凝集剂	228
6-7-4	沉降分离装置	229
6-7-5	利用中和剂调整氢离子浓度 (pH)	230
6-7-6	简易处理方法的必要性	231
6-8	回收水的再利用	232
6-8-1	回收排水的利用系统	232
6-8-2	回收水的成分	234
6-8-3	在利用回收水时混凝土的质量 ^{6.4)}	234
6-9	有关环境保护和公害措施的法规	236
6-9-1	概说	236
6-9-2	公害措施基本法	236
6-9-3	防止海洋污染法	236
6-9-4	防止水质污染法	237
6-9-5	关于废弃物的处理及清扫的法律	237
6-9-6	保护水产资源法	237
6-9-7	保护自然环境法	238
6-9-8	自然公园法	238
6-9-9	港湾法	239
6-9-10	渔港法	239
6-9-11	港湾规则法	239
6-9-12	渔业权的赔偿	239
	引用文献	240
第七章 水下混凝土的质量检验方法		241
7-1	灌注水泥砂浆的稠度试验方法	241

7-2	灌注水泥砂浆的渗水率及膨胀系数的 试验方法	242
7-3	灌注水泥砂浆的保水性的试验方法	242
7-4	灌注水泥砂浆的抗压强度试验方法	244
7-5	灌浆混凝土的抗压强度试验方法	244
7-6	水下混凝土的水泥流失率试验方法	244
	引用文献	245
	参考文献	246

第一章 概 说

在水下砌筑混凝土构筑物的方法，除水下混凝土施工法以外，过去曾广泛地进行过在水下安装预制构件的方法。在陆地制造场上预制的构件运到海上的指定地点安装，从1~2吨级的小型防波砌块，到2000~2500吨级的大型防波堤沉箱的多种构件和构筑物都是用这种方式砌筑起来的。然而，一般概念是：在水下安装预制构件是属于水下混凝土范畴以外的事，并且认为与混凝土的浇灌方法或质量问题的关系也少。

水下混凝土施工法的基本方式有：将大气中搅拌的普通混凝土在水下浇灌，和预填粗集料再灌注水泥砂浆的灌浆混凝土。按照前一方式在水下施工的混凝土称水下混凝土，以便与灌浆混凝土相区别，在土木学会的混凝土标准规范中也这样区别。

混凝土导管施工法，是将搅拌好的普通混凝土浇灌在水下的一种方式，应用最广。另外，根据浇灌的方法或使用的工具还有几种施工法。水下混凝土的最简易的施工法，就是袋装混凝土应用开底容器的方法，或用溜槽在水下浇灌的方法等。实际上对于这些应用方法或施工法的要求随着当时的情况而变化，袋的材料和尺寸大小或容器的形状和构造等也要逐渐变化。所以当实际应用时，要正确认识现有施工法的情况。

即使采用混凝土导管的方法，虽然也有和过去完全相同的施工例子，但另一方面对混凝土导管本身加以改进，想了许多办法，以求更简单容易而正确的施工，因而在这方面发展成为挠性大的软管的KDT施工法，或称液压阀施工法等特殊施工法是值得重视的。另外与混凝土导管有关的施工法即就地灌注桩或地下连续墙施工法，这种方法都是作为无噪声施工法被应用，其中也包括用人工泥浆防止削弱孔壁的崩塌的方法。

目前，灌浆混凝土施工法得到可靠性最高的水下混凝土施工法的评价。在1938年最初用于已经建成的构筑物的补修施工法之后，它在水下施工的简便性和可靠性等这些方面受到了重视，从而发展成为正式的水下混凝土施工法。近年来它显示出适用于特大深水施工和大量快速施工的施工法，并进行了大规模的技术开发，施工的例子也就逐渐增加起来。此外，这一施工法的边缘技术，如向地基灌注水泥砂浆的施工法，就地用水泥砂浆的灌注桩施工法，混凝土垫层施工法，外套施工法，袋装水泥砂浆施工法等灌注水泥砂浆施工法，都有显著的发展。

水下混凝土不仅用于防波堤和岸墙等港口构筑物，而且用于海洋上架桥等桥梁工程。今后随着海洋开发的进展，海洋构筑物的施工例子也将会增加。一方面象这样海洋上的施工条件，与河流、湖泊的稳定水面或地下水作为施工对象的情况很不一样，要受到风浪、潮汐、潮流、船舶航行等的影响，特别在外海上的施工条件是非常严格的，所以遇到海洋施工，要仔细地事前调查和周密地采取措施。当然在判断从陆上搅拌混凝土运到海上，或用混凝土机械设备船在海上搅拌时，首先要有对这些施工条件、搬运方法以及机械设备船等方面的知识。

水下混凝土施工，有时会引起严重的环境污染问题的危险。这是由于机械设备船排水、废弃混凝土，或水下施工混凝土，或水下施工混凝土的污浊物质和受碱性影响的物质引起的。要求事先鉴定水质污浊的周围环境，特别对生态系统的影响，并对可能发生的情况预先采取措施。为了这一目的，要正确掌握水下混凝土施工带来水质污染的构造，及其影响的程度作出适当的鉴定，采取相应的防止污染的措施等，或进行必要的回收处理。另外，对环境有关规定的理解也是非常重要的。

第二章 水下混凝土的材料 和质量及配合设计

2-1 水下混凝土的材料

水下混凝土施工地点在水下浇灌时要用特殊方法，但材料本身和一般混凝土一样，用水、水泥、集料及掺合料，进而根据需要使用钢筋或钢材等材料。这些材料的质量要符合或相当于日本工业标准（JIS）所要求的标准。

2-1-1 水泥

一般使用普通波特兰水泥（JIS R5210）的施工例子很多。因为受到潮水的涨落作用和波浪或潮流等海洋气象条件的限制，所以对早期龄期要求相当高的强度时，为了这一目的使用的水泥，例如用早强波特兰水泥（JIS R5210），而得到良好的效果的例子。即使用普通波特兰水泥做成混凝土，如果精心施工，也有许多施工的例子证实其优越的耐海水性能。为了得到较高的耐海水性能，也有应用高炉矿渣水泥（JIS R5211）和粉煤灰水泥（JIS R5213）的例子。高炉矿渣水泥和粉煤灰水泥，虽然耐海水性，和后期龄期强度大，硬化热少等优点，但早期龄期强度的增加是缓慢的，因此使用时应考虑所用构筑物的荷载条件，并要仔细进行早期养护。中等散热波特兰水泥（JIS R5210）的耐海水性能据说特别良好，而且具有硬化热少，后期强度大等优点，在一般工程上也逐渐使用。

2-1-2 细集料

细集料要满足土木学会混凝土标准规范或日本建筑学会工程标准说明书的规定。

(1) 普通混凝土的情况

细集料的颗粒级配对混凝土的塑性有显著的影响。水下混凝土不能象振动那样加外力捣固，因此，必须使用特别具有塑性和良好的和易性的混凝土。为此最好使用颗粒级配在2.5毫米以下的细集料或加质量适当的矿物质细粉末（如：石英、火山灰等）以调整粒度。

(2) 灌浆混凝土的情况

全部细集料是经2.5毫米筛筛过的，粒度在表2-1范围是合适的。如果使用单位掺合料量^①少的水泥砂浆，颗粒的细度系数最好使用小的。

灌浆混凝土用细集料的粒度标准

表 2-1

筛孔公称尺寸 (mm)	通过筛孔重量的百分比
2.5	100
1.2	90~100
0.6	60~85
0.3	20~50
0.15	5~30

细集料的粒度级配不当或含有粗集料时，通过粗集料的空隙间水泥砂浆便不能达到均匀，水泥砂浆会有灌注不到的。因此将2.5毫米以上的粗粒度用筛子分开，要用粒度级配大致一样的细集料。

(3) 海砂的使用

海砂用作细集料时，有海底砂、海滨砂、砂丘砂、河口砂。其含盐量取决于海砂的种类、露天堆放日期，海底砂大部分在0.02~0.04%的范围内。由于掺盐会使水泥砂浆和混凝土的凝固时间稍短，与使用海水相比，影响的程度小，在实用上无问题。

在海砂中含2.5毫米以上的贝壳片，在0~7%时，特别在海

^① 单用水泥时指单位水泥量，用粉煤灰等掺合料时指单位水泥量和单位掺合料的含量。