

日 本 土 木 工 程 手 册

基础及
土工结构

中 国 铁 道 出 版 社

21

日 本 土 木 工 程 手 册

基础及土工结构

(日) 主审 吉田 巖 (建设省)
干事 足立義雄 (建设省)
执笔者 浅川美利 (日本大学)
中瀬明男 (东京工业大学)
池田俊雄 (日本国有铁道)
林 宣 熙 (本州四国连络桥公团)
今井常雄 (应用地质调查事务所)
藤田圭一 (閤组)
宇都一马 (东海大学)
室町忠彦 (日本国有铁道)
草野一人 (日本国有铁道)
森重竜馬 (日本国有铁道)
驹田敬一 (建设省)
矢作 枢 (首都高速道路公团)
沢口正俊 (运输省)
山村和也 (建设省)
志関秀雄 (白石基础工事)
吉田 巖 (建设省)
唐业清 孙明漳 周兰芳 译

中 国 铁 道 出 版 社

1984年·北京

内 容 简 介

本书系译自日本土木工程手册（1974年第三版）的第20篇。主要内容包括地基勘察、地基承载力及变形、地基加固处理、软弱地基施工方法、各类常见基础的设计、地下连续墙及水平顶管法，以及挡土墙、地下结构物、填土结构物、坡面防护法、托换基础方法等。

本书概括了日本在基础结构及土工结构方面七十年代的主要成就和常用方法，对我国很有实用价值，可供土木工程技术人员和土建专业的高等院校师生参考。

ZW35/28

土木工程ハンドブック
土 木 学 会 编
技 報 堂

日本土木工程手册
基础及土工结构

唐业清 孙明漳 周兰芳 译

中国铁道出版社出版

责任编辑 王顺庆

封面设计 王毓平

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：850×1168 $\frac{1}{4}$ 印张：8.625 字数：216 千

1984年12月 第1版 1984年12月 第1次印刷

印数：0001—17,000 册 定价：2.00元

出 版 者 的 话

从事各项工作的工程技术人员，都希望能得到一部内容较丰富而又切合实用的手册。

这些年来，我们在积极组织编写和出版有关铁路工程设计和施工技术手册的同时，征求一些国内专家对手册类工具书的意见。1979年中国土木工程学会桥梁及结构工程学会开会期间，经同济大学李国豪校长推荐，认为日本土木学会主编的1974年修订出版的土木工程手册，在内容上有其特色，它反映了现代科学技术的新成就，加强了基础理论方面的内容。为此，根据我国情况及我社的出版能力，决定选择其中的应用数学、材料力学、结构力学、土力学、水力学和水文学、混凝土、钢筋混凝土结构、钢结构、基础及土工结构、桥梁、隧道等十一篇，作为十一个分册出版，供我国广大土木工程人员参考。

在各分册的翻译过程中，承陈英俊教授热心指导及各位参加译校同志的共同努力，提高了译文质量，我们在此深表感谢。

目 录

第 1 章 总 论	1
1.1 概 述	1
1.2 最近的动态和展望	3
1.3 设 计	7
第 2 章 地基勘察及其应用	9
2.1 勘察计划	9
2.2 地形和地基条件	12
2.3 触 探	14
2.4 钻探与取样	27
2.5 现场载荷试验	31
2.6 地下水调查	34
2.7 物理勘探	39
第 3 章 地基的承载力和变形	47
3.1 概 述	47
3.2 地基的承载力	48
3.3 结构物的变位	55
3.4 地震时地基的承载力	62
第 4 章 地基改良和加固处理	64
4.1 概 述	64
4.2 土质加固处理中的基本事项	64
4.3 浅层地基的加固处理方法 (土质加固处理法)	70
4.4 深层地基的加固处理方法 (地基改良)	80
第 5 章 软弱地基施工方法	87
5.1 概 述	87
5.2 软弱地基的承载力	88
5.3 软弱地基的沉降	93
5.4 规划和设计	99

5.5	施 工	100
5.6	泥炭地基及处理措施	101
第 6 章	直接基础	104
6.1	概 述	104
6.2	基础的稳定	107
6.3	基础的变位	110
6.4	结构设计	110
6.5	基础的施工	112
第 7 章	桩基础	115
7.1	概 述	115
7.2	承载力	117
7.3	打桩试验	127
7.4	载荷试验	130
7.5	桩基础的设计	132
7.6	预制桩方法	138
7.7	混凝土灌注桩的施工法	143
第 8 章	沉箱基础	153
8.1	概 述	153
8.2	沉箱的稳定	156
8.3	沉 井	162
8.4	气压沉箱	167
8.5	板桩式基础	171
8.6	特殊施工法	174
第 9 章	地下连续墙, 水平顶管法	176
9.1	地下连续墙	176
9.2	水平顶管法	180
第10章	挡土墙	183
10.1	概 述	183
10.2	用于挡土墙设计中的土压力	184
10.3	挡土墙的设计	192
10.4	排水设施	196
第11章	地下结构物	198

11.1 概 述	198
11.2 刚性涵管	202
11.3 柔性涵管	208
第12章 填土结构物	214
12.1 概 述	214
12.2 填土结构物的设计和施工	214
12.3 填土结构物的养护维修	219
第13章 坡面防护方法	222
13.1 概 述	222
13.2 坡面的崩塌	222
13.3 坡面防护方法	224
13.4 坡面防护工程的维修管理	239
第14章 托换基础方法	241
14.1 概 述	241
14.2 托换基础方法	245
第15章 坑壁支撑方法、锚杆	252
15.1 坑壁支撑方法	252
15.2 土锚杆	259
文 献	262

第1章 总 论

1.1 概 述

1.1.1 定义及分类

(1) 定义

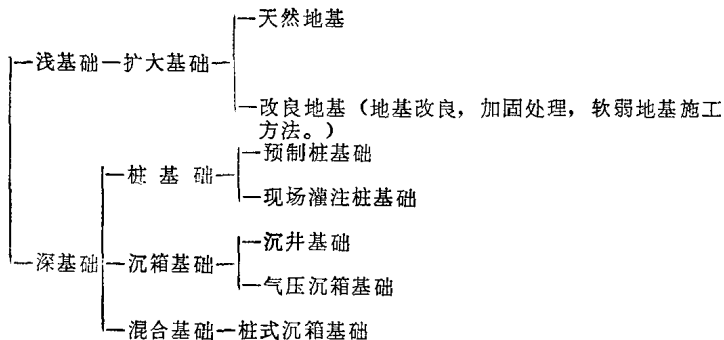
基础结构是结构物的一部分，它建筑在地下，能可靠地将作用在结构物上部的荷载传递到地基上。基础一般采用混凝土结构或钢结构，采用木结构的很少。另外，支承结构物的地基也是基础结构的一部分，其中也包括被加固的地基。

土工结构，是以土为主要材料所构成的结构物。

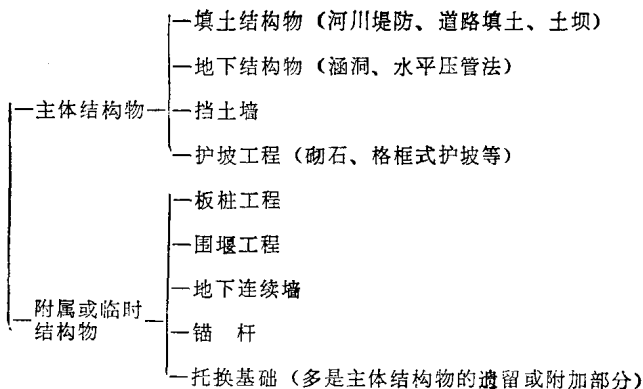
(2) 分类

基础结构及土工结构分类如下：

a、基础结构



b、土工结构



1.1.2 本书的主要内容

根据以上的分类编写成本书。

地基勘察是规划和设计基础结构及土工结构的首要条件，本书单设一章详述。另外，为了尽量避免与第5篇土力学的重复，对可视为基础结构物一部分的地基，本章不介绍其承载力的理论公式，而把重点放在设计时所用的实用公式的展开以及注意事项上。

有关基础结构问题，和其它篇基本不重复。

在土工结构中，填土结构物以河川堤防及道路填土为重点，第31编道路及第35编河川虽然讲述了很多有关内容，但本书要以设计为中心阐述些共同性问题，其中填土的稳定性将在本书中叙述。

地下结构物中的隧道和盾构归并到第22篇隧道中。在该篇中叙述有关刚性涵管和柔性涵管。另外，将涵管等压入地下的构筑物，由于其施工的特殊性，故在第9章中单列一节来说明。

护坡工程虽然和道路工程有着特别密切的关系，但在第31编道路里几乎没有讲述，因此，本书中包括滑坡的分析以及应急措施等都作了详细的说明。

凡是临时结构物，都列在第27编施工技术中，而在本编中是以设计为中心来阐述的。其中对围堰工程没有单独说明，其设计的基本思路可按第15章的板桩施工法来理解，有关以施工为主的应用实例，请参照第27编施工技术第1章1.10的临时围堰工程。

用托换法置换基础，在靠近原有基础进行施工时，产生了对原基础需要进行加固的问题，在此把该问题作为重点来叙述。

建筑物建造后经过一段时间，地基和基础会受到冲刷或其它灾害，对它的加固可按使用情况做相应处理。

1.2 最近的动态和展望

1.2.1 最近的动态

(1) 基础结构物

第二次世界大战爆发之前的年代，也有由于经济不振这种外界条件，而使公共事业兴旺的情况，建设了很多结构物。

就桩基而言，木桩占一大半，1934年开始用离心法制作钢筋混凝土桩。大型结构物的基础几乎都采用沉箱基础。

40年代后半期，重要的工程更加增多了。

50年代中至60年代中，新的基础施工法相继出现，如具有代表性的比诺托、逆转式等现场灌注桩施工法，在打入桩中采用柴油锤、钢管桩及预制的预应力混凝土桩等引人注目的新材料。

此外，大跨度桥梁大型基础的连续施工，如大阪南港大桥，基础是采用平面尺寸为 $40\text{m} \times 40\text{m}$ 的气压沉箱建造的。

为适应基础结构物建设的迅速发展，整编了材料规格（即JIS化），制定了设计标准等，技术的规范化正在顺利进行。

其进展如表1.1所示。

(2) 土工结构

具有代表性的土工结构物是河堤、道路填土等填土结构物。土是比较容易得到的材料，能够大量用于土木工程上，也可以说，土木工程即指现代的土方工程而言。

大规模的填土结构物，不仅以土坝与河堤为代表，近年来随着高速公路的建设，出现了大断面的道路填土，即堤顶填土宽度达20米，坡脚宽达100米，其长度可延续很长。因路堤填土占据了道路的主要部分，而为了减少道路的建设用地，很多道路又建筑在软弱地基上。

表1.1 基础工程年表(1945年~1973年)

年 度	记 事
1945年	第二次世界大战结束, 开始战后复兴事业。
1951年	作为气压沉箱施工法之一的大丰式沉箱诞生。
1952年	建筑基础结构设计规范及说明的初版发行。
1953年	在盐釜港初次使用钢管桩。
1954年	日本国有铁道从法国比诺托公司输入比诺托钻机, 国产柴油锤试制成功(神户制钢所)。
1955年	内阁会议决定合理利用木材资源的方针。 制定钢筋混凝土桩的JIS标准(日本工业标准) JISA5310
1956年	钢筋混凝土桩协会成立。
1958年	作为大桥大型基础的先例, 若户大桥钢制拖运沉箱的施工。
1960年	由美国卡尔沃尔德公司输入挖掘机, 是无噪声施工法之一。
1962年	日本国有铁道从西德扎尔茨吉塔公司输入反向钻机。 制定JISA7201打桩作业规范。 开始生产预应力钢筋混凝土桩, 并在首都1号高速线路上使用。
1963年	制定钢管桩、H型钢桩的JIS标准JISA5525、5526。
1964年	出版道路桥下部结构设计指南的桩基础设计篇。 新潟地震、昭和大桥坠落。 天草5号桥海中基础的施工。
1966年	在建设省土木研究所设置基础研究室。
1967年	由土木学会本州四国连络桥技术调查委员会提出报告书。 制定防治公害措施基本法。
1968年	制定预应力钢筋混凝土桩的JIS标准。JISA5335、5336。 出版道路桥下部结构设计指南的扩大基础设计篇。
1969年	根据本州四国连络桥的调查, 在深水施工点安装海中钢结构。
1970年	出版道路桥下部结构设计指南的沉箱基础设计篇。 全面修订钢筋混凝土桩的JIS标准, 充实抗力矩预制桩的规定。 关门吊桥的基础工程完工。 本州四国连络桥公团诞生。
1971年	全面修订钢管桩、H型钢桩的JIS标准, 接缝构造, 参加毫米整数规格尺寸的规定。采用板桩式基础, 建造石狩川河口桥的基础。 南港连络桥的大型气压沉箱基础施工。成立钢管桩协会。 在広島大桥使用2000吨起吊船进行预制沉井的施工。
1972年	完成鹿児島县阿久根黑瀬户大桥的下部工程, 是第一个采用装配式钢沉箱施工法(日本道路公团)。 采用钟型基础的大黑码头连络桥下部工程开始施工(横滨市港湾局)。 出版道路桥下部结构设计指南的现场灌注桩设计施工篇。 出版用离心法制作的大直径预应力钢筋混凝土桩的设计施工指南(土木学会)。
1973年	采用多柱式基础的大岛架桥主体工程开始施工(日本道路公团)。

从而,对于在软弱地基上的填土,研究了有效的相应措施,根据研究的结果并通过填土试验进行了广泛的验证。

因此,日本道路公团在名神至东名高速公路所取得的经验,应给予高度的评价。

另一方面,在城市市内的高速公路和地下铁道的建设中,当建设场地受到限制时,由于临时结构物技术的发展,提供了所需的场地。

由于板桩工程而使开挖深度可达30米,还有地下连续墙和锚杆施工法,不仅用于挡土工程,而且也用于主体工程的一部分。

有关这些土工结构的详细情况在第9章以后说明。

1.2.2 展 望

(1) 面临的问题

基础施工方法的发展尚处于不大成熟的阶段,随着工程量的增大,对施工条件继而变得日益严格起来。环境保护的规定,对工程也开始给予很大影响。

在此情况下,在土工结构和基础结构的设计施工中,有以下尚待解决的课题。

a、防止公害措施

在1967年制定了防止公害措施基本法律,明确的表示了政府的态度,对建筑工程公布了很多有关条令,对施工的规定和限制也很严格。

代表无噪声施工法的混凝土灌注桩施工法,可以作为基础工程的主要施工法,虽然通过施工可以控制它的质量,但还是有不少缺点,故正在研究代替灌注桩的施工方法。

b、快速施工

随着建设用地的日趋紧张,又强调在工程竣工时要对附近居民补偿损失,故施工期限应当尽量缩短。因此在兼顾防止公害措施的同时,快速施工更是工程的前提。

用大型砌块装配的工程,使用预制构件和很少在现场加工的材料如钢材等,积极地改善施工条件,努力积累快速施工经验。

c、机械化、自动化

由于缺乏劳动力，机械化自动化就更加重要。在十多年前已将机械化施工用于大型土木工程，但是在基础结构与其它的结构中，有关的快速施工，今后仍要更加注意。

气压沉箱是以工人在高压下作业为前提，但在近年来，成功地进行了有关自动化的试验。由于沉箱的尺寸受到限制，可用一个机器人在高压下作业，虽然还有施工量不大和经济指标不适合等问题，但却提供了一个先例。

d、安全管理

保证工程的安全问题是一直被重视的，对基本人权的认识也在逐渐提高，直到人身事故在工程中完全断绝为止。为了工程的顺利完成，必须十分注意安全管理。至于过去，在基础结构和土工结构物的建设工程中，事故率是很高的。技术人员要关心安全管理，在制定计划时必须优先考虑安全问题。

(2) 未来的动向

a、海洋开发 建设工程对于海洋开发会起很大作用。譬如，基础结构和土工结构就是海洋结构物和海底地基接触处的结构，即为海洋结构物的基础。无论哪个分支给出的海洋新课题，都要学习很多新问题。如深水、大的潮汐、波浪的影响等，都超出了港湾结构物的原有的范围。

b、调查研究的目的

基础结构和土工结构，这二十年来取得了显著进步。在工程现场的动态观测、载重试验以及反映这些建设部门呼声的科研单位的工作，又促进了这样的进步。

然而，为了更进一步地发展，还有很多问题需要解决。随着基础结构和土工结构趋向大型化，就要求模型试验要与现场大型结构物相符合。同时产生了用不同的比例尺寸试验来说明一维分析用于非线性材料，从二维分析发展到三维分析等有关问题。

另一方面，地基勘察方法的进步提高了设计质量，然而对于情报的可靠程度还缺乏统一的看法，特别是地震时有关地基动态

的这类问题。

在土工结构中，随着板桩工程、围堰工程等柔性结构物的大型化又产生了新问题，如地基沉降和压缩的预测还不够准确等。

其它的问题虽然很多，但是，如能搜集现场实测的全部数据，将这些数据按土力学原理深入地分析，肯定会逐个得到解决。

1.3 设计

1.3.1 初步设计

在此说明有关基础结构和土工结构的设计。

根据结构物的种类，初步设计内容如下：

- ①要满足结构物的使用目的。
- ②应建设安全、可靠、经济的结构物。
- ③要便于结构物的维护和整修。
- ④结构物应具有耐久性。

除此之外，根据结构物的特性，还要考虑其它因素。例如：对作为临时结构物的板桩工程来说，要在工程竣工后易于拆除，或者，要有便于改正施工误差的构造。

1.3.2 设计前的勘察

(1) 地基勘察

在结构物选址条件中，最重要的条件可以说是地基条件，为了设计结构物，必须勘察出能适应结构物的规模和性能的地基。

在地基勘察中，应提供设计所必需的资料，如地质构成及组成地层的工程性质，即抗剪强度和变形特征等。

至于勘察，除根据已有的地质资料，对现有结构物进行的调查，以及地表勘察、物理勘探、钻孔、探坑等勘察外，还可以利用取样做室内试验。考虑材料的腐蚀时，要调查造成腐蚀的环境。

地基勘察一般是在结构物的位置上进行。当地基复杂或结构物尺寸很大时，须增加相应的勘测点数。

（2）施工条件的调查

在施工条件的调查中，根据结构物的特点作相应的调查，其中包括与劳动生产率有关的工程施工的可能时期和所需的时间，工程用地及作业空间，工程用料及机具的运输方法，临时结构物的施工条件，噪声、振动对于周围的影响等等。

就海洋、河川中的工程而言，波浪、潮汐等海象条件，对施工有很大影响。

1.3.3 选择结构型式

选择基础结构的型式时，必须充分考虑以下几点：

- ①上部结构的型式和荷载的大小。
- ②建筑场地的地形、地质、预估地基沉降和地基的变动等。
- ③施工的难易、安全和可靠的程度。
- ④结构物附近有无地下埋设物。
- ⑤环境的腐蚀。
- ⑥工程用地。
- ⑦材料的运输条件。
- ⑧工期以及工程的施工时间。
- ⑨有无关于防止公害条例的限制。

在考虑这些条件时，并参照过去的施工实例，假定基础型式和大致尺寸，就可以求得几种选用的方案。

这样一来，对求得的各种方案算出工期、费用，选择造价低并考虑施工期限的经济方案。

当然，其中也有忽略工期、工程费用的因素，而根据邻近结构物的公害条件或施工条件等来选择基础形式的情况。

在土工结构物中，选择其施工方法和结构型式时，也采用相同的手段。

第2章 地基勘察及其应用^{1)~16)}

2.1 勘察计划

2.1.1 概 要

当建设土工结构时,首先必须勘察地基情况。要了解作为结构物的地基是否有足够的承载力,即是否为良好的地基,以及在任何时候都必需的沉降变形或地下水状态等基本数据。此外,根据结构物的种类和用途,要很好地研究哪些是设计、施工所必需的数据,以便制定与其相应的勘察计划,这是很重要的。

另外,为得到这些必要的资料,不一定要做全部的土质勘察和土工实验。首先,进行地貌学、地质学的宏观的地基条件的判断,然后再根据地基状况和结构物的条件,考虑确定有效而必要的勘察试验手段和方法。如果不考虑地基和结构物条件,盲目地进行统一的土质勘察和试验,不仅白白浪费经费和时间,而且在很大程度上忽略了问题的本质,故必须严格地禁止。

制定勘察计划时,对勘察的目的、重点、拟采用的方法和进行的阶段等都应有明确的意见。

2.1.2 勘察的顺序和方法

在地基勘察中,不能事先得出结论,要在做全面的普查,掌握全局的情况和主要问题后,才能逐渐由粗到精地揭示出问题的实质。

如表2.1所示的勘察顺序和方法,一般认为是妥当的。

当地形地质情况较好,以及结构物较简单时,去现场踏勘或经初步踏勘就会得到充分必要的资料。在多数情况下,不必做下一阶段的勘察。另外,就一般的地形地质情况来讲,通过现场踏勘和资料调查,对于地基好坏,有无问题及其倾向、是否有必要

(注) ① 此表表示勘察程序, 条件单纯时, 可根据标准情况而简化。实际上按条件的复杂程度, 在各阶段判断是个重要因素, 是多种情况的组合。
② ③ 指一般情况, 无需后继勘察。

[illegible]